

Школа ИШНПТ
 Направление подготовки 15.03.01 Машиностроение
 Отделение школы (НОЦ) Материаловедение

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

Тема работы
Разработка технологии изготовления детали «Вал»

УДК 621.81-2-047.84

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
3-8Л52	Мирошниченко Артем Евгеньевич		22.05.2020

Руководитель ВКР

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Коротков Владимир Сергеевич	к.т.н.		22.05.2020

Консультант

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ст.преподаватель	Шибинский Кон- стантин Григорьевич			22.05.2020

КОНСУЛЬТАНТЫ ПО РАЗДЕЛАМ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОСГН ШБИП	Криницына Зоя Ва- сильевна	к.т.н		22.05.2020

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Белоенко Елена Владимировна	к.т.н		21.05.2020

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

Руководитель ООП	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
15.03.01	Ефременков Егор Алексеевич	к.т.н		

Результаты обучения по программе

Код результата	Результат обучения
Общие по направлению подготовки (специальности)	
P1	Способность применять базовые и специальные знания в области математических, естественных, гуманитарных и экономических наук в комплексной инженерной деятельности на основе целостной системы научных знаний об окружающем мире; умение использовать основные законы естественнонаучных дисциплин, методы математического анализа и моделирования, основы теоретического и экспериментального исследования в комплексной инженерной деятельности с целью моделирования объектов и технологических процессов в машиностроении, используя стандартные пакеты и средства автоматизированного проектирования машиностроительной и сварочной продукции.
P4	Способность эффективно работать индивидуально и в качестве члена команды, демонстрируя навыки руководства отдельными группами исполнителей, в том числе над междисциплинарными проектами, уметь проявлять личную ответственность, приверженность профессиональной этике и нормам ведения профессиональной деятельности.
P7	Умение проводить предварительное технико-экономическое обоснование проектных решений, выполнять организационно-плановые расчеты по созданию или реорганизации производственных участков, планировать работу персонала и фондов оплаты труда, применять прогрессивные методы эксплуатации технологического оборудования при изготовлении изделий машиностроения и сварочного производства
P8	Умение применять стандартные методы расчета деталей и узлов машиностроительных изделий и конструкций, выполнять проектно-конструкторские работы, составлять и оформлять проектную и технологическую документацию соответственно стандартам, техническим условиям и другим нормативным документам, в том числе с использованием средств автоматизированного проектирования, выполнять работы по стандартизации, технической подготовке к сертификации технических средств, систем, процессов, оборудования и материалов, организовывать метрологическое обеспечение технологических процессов, подготавливать документацию для создания системы менеджмента качества на предприятии.

Технология, оборудование и автоматизация машиностроительных производств	
P11	Умение применять современные методы для разработки малоотходных, энергосберегающих и экологически чистых машиностроительных и строительно-монтажных технологий, обеспечивающих безопасность жизнедеятельности людей и их защиту от возможных последствий аварий, катастроф и стихийных бедствий, умение применять способы рационального использования сырьевых, энергетических и других видов ресурсов в машиностроении и строительстве, применять методы стандартных испытаний по определению физико-механических свойств и технологических показателей используемых материалов и готовых изделий.
P12	Умение обеспечивать соблюдение технологической дисциплины при изготовлении изделий машиностроительного производства, осваивать новые технологические процессы производства продукции, применять методы контроля качества новых образцов изделий.

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
федеральное государственное автономное
образовательное учреждение высшего образования
«Национальный исследовательский Томский политехнический университет» (ТПУ)

Школа ИШНПТ

Направление подготовки (специальность) 15.03.01 Машиностроение

Отделение школы (НОЦ) Материаловедение

УТВЕРЖДАЮ:

Руководитель ООП

Ефременков Е.А.
(Подпись) (Дата) (Ф.И.О.)

ЗАДАНИЕ

на выполнение выпускной квалификационной работы

В форме:

Бакалаврской работы

(бакалаврской работы, дипломного проекта/работы, магистерской диссертации)

Студенту:

Группа	ФИО
3-8Л52	Мирошниченко Артем Евгеньевич

Тема работы:

Разработка технологии изготовления детали "Вал"	
Утверждена приказом директора (дата, номер)	28.02.2020 №59-58/с

Срок сдачи студентом выполненной работы:	22.05.2020
--	------------

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

<p>Исходные данные к работе <i>(наименование объекта исследования или проектирования; производительность или нагрузка; режим работы (непрерывный, периодический, циклический и т. д.); вид сырья или материал изделия; требования к продукту, изделию или процессу; особые требования к особенностям функционирования (эксплуатации) объекта или изделия в плане безопасности эксплуатации, влияния на окружающую среду, энергозатратам; экономический анализ и т. д.).</i></p>	<p><i>Чертёж детали "Вал"</i></p> <p><i>Технологический процесс изготовления детали</i></p> <p><i>1500 шт./год</i></p> <p><i>Сталь 40Х</i></p> <p><i>Особых требований нет</i></p>
---	--

<p>Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов</p> <p>(аналитический обзор по литературным источникам с целью выяснения достижений мировой науки техники в рассматриваемой области; постановка задачи исследования, проектирования, конструирования; содержание процедуры исследования, проектирования, конструирования; обсуждение результатов выполненной работы; наименование дополнительных разделов, подлежащих разработке; заключение по работе).</p>	<p><i>Технологическая часть: Определение типа производства, анализ технологичности конструкции детали, разработка маршрутного техпроцесса, размерный анализ, расчёт режимов резания, подбор оборудования, расчёт основного времени.</i></p> <p><i>Конструкторская часть: расчёт и проектирование оснастки.</i></p>
<p>Перечень графического материала</p> <p>(с точным указанием обязательных чертежей)</p>	<p><i>Чертеж детали, размерный анализ технологического процесса, карта технологического процесса, чертеж приспособления.</i></p>

Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы
(с указанием разделов)

Раздел	Консультант
Технологическая часть	Шибинский Константин Григорьевич
Конструкторская часть	Шибинский Константин Григорьевич.
Финансовый менеджмент	Криницына Зоя Васильевна
Социальная ответственность	Белоевко Елена Владимировна

Названия разделов, которые должны быть написаны на русском и иностранном языках:

Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику	16.12.2019
---	------------

Задание выдал руководитель / консультант (при наличии):

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Старший преподаватель	Шибинский Константин Григорьевич			16.12.2019

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
3-8Л52	Мирошниченко Артем Евгеньевич		16.12.2019

РЕФЕРАТ

Выпускная квалификационная работа содержит 123 страницы, 36 рисунка, 25 таблицы, 22 источников литературы, 6 приложений.

Ключевые слова в работе: вал, деталь, технологический процесс, размерный анализ, приспособление, режущий инструмент, патрон.

Рассмотренным объектом исследования являются вал, его технологический процесс и приспособление для изготовления.

Цель работы заключается в разработке наиболее эффективного технологического процесса с экономической и технологической точки зрения.

В ходе разработки проводились: изучение базового технологического процесса, расчет припусков, расчет технологических размеров, расчет норм времени операций техпроцесса, подбор оборудования установленного на ПК «Казцинкмаш».

Основные конструктивные, технологические и технико-эксплуатационные характеристики: вал — деталь машины, предназначенная для передачи крутящего момента и восприятия действующих сил со стороны расположенных на нём деталей и опор. В качестве материала для изготовления детали используется сталь 40Х.

Разработанный технологический процесс изготовления детали «Вал» и разработанное приспособление планируем внедрить в производство.

Оглавление

Введение	10
1 Технологическая часть.....	11
1.1 Исходные данные.....	11
1.2 Определение типа производства	12
1.3 Анализ технологичности конструкции детали	15
1.4 Выбор исходной заготовки.	16
1.5 Анализ существующего технологического процесса.....	17
1.6 Проектирование маршрутного технологического процесса и операций.....	18
1.7 Расчет допусков, припусков промежуточных и исходных размеров заготовки.....	20
1.7.1 Расчет припусков и технологических размеров поверхности Ø79,6h14	21
1.7.2 Расчет припусков и технологических размеров поверхности Ø70JS11.....	23
1.7.3 Расчет припусков и технологических размеров поверхности Ø52H8 Ø 42H11 Ø52H14 Ø54 _{-0,1}	26
1.7.4 Расчет припусков и технологических размеров в осевом направлении	30
1.8 Выбор оборудования.....	39
1.8.1 Токарный станок с числовым программным управлением ROMI G50.....	39
1.8.2 Круглошлифовальный станок.....	41
1.8.3 Зубофрезерный станок ofa 75 сnc 6	42
1.8.4 Зубодолбежный станок.....	43
1.9 Расчет и назначение режимов обработки	44
1.9.1. Токарная операция с числовым программным управлением: подрезка торца Ø90 мм	44
1.9.2 Токарная операция с числовым программным управлением: обтачивание поверхности Ø70 мм (предварительная).....	47
1.9.3 Шлифовальная операция: шлифование поверхности Ø70 мм	49
1.9.4 Зубофрезерная операция фрезеровка зубьев	50
1.9.5 Зубодолбежная операция долбежка зубьев	52
1.10 Нормирование операций технологического процесса.	54
1.11 Технико-экономическое обоснование и показатели технологического процесса.....	61

Вывод по разделу	66
2 Конструкторская часть	67
2.1 Концепция, принимаемая для разработки приспособления	67
2.2 Принцип работы приспособления	67
2.3 Проектирование кулачков для обработки вала	69
2.4 Определение потребной силы тяги и мощности пневмопривода для токарного кулачкового патрона	70
2.5 Расчёт приспособления на прочность по слабому звену	73
2.6 Экономическая целесообразность оснащения станочной операции приспособлением.....	74
2.7 Требования к пневмо и гидроприводам зажимных устройств приспособления ГОСТ12.2.040-79	76
Вывод по разделу	77
3 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	79
3.1 Анализ конкурентных технических решений	79
3.2 SWOT-анализ	83
3.3 Структура работ в рамках научного исследования	86
3.4 Определение трудоемкости выполнения работ	87
3.5 Разработка графика проведения научного исследования	88
3.6 Бюджет научно-технического исследования (НТИ)	91
3.6.1 Расчет материальных затрат НТИ	91
3.6.2 Основная заработная плата исполнителей темы.....	92
3.6.3 Дополнительная заработная плата исполнителей темы.....	94
3.6.4 Отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления)	95
3.6.5 Накладные расходы.....	96
3.6.6 Формирование бюджета затрат научно-исследовательского проекта.....	96
3.7 Определение эффективности исследования	97
4 Социальная ответственность	100
4.1 Правовые и организационные вопросы безопасности	100
4.1.1 Правовые вопросы обеспечения безопасности	100
4.1.2 Организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны..	101
4.2 Профессиональная социальная безопасность	101
4.2.1 Анализ вредных факторов.....	103

4.2.1.1 Повышенный уровень шума	103
4.1.2.2 Недостаточная освещенность рабочей зоны	104
4.2.1.3 Повышенный уровень вибрации на рабочем месте.....	104
4.2.1.4 Повышенный уровень электромагнитных излучений.....	105
4.2.2 Анализ опасных производственных факторов.....	107
4.2.2.1 Повышенное значение напряжения в электрической цепи, замыкание которой может произойти через тело человека.....	107
4.2.2.2 Движущиеся машины и механизмы, подвижные части производственного оборудования.	108
4.3 Экологическая безопасность	109
4.3.1 Охрана окружающей среды	109
4.4 Безопасность в чрезвычайных ситуациях	110
4.4.1 Пожарная и взрывная безопасность	112
Заключение	114
Список литературы	115
Приложение А	117
Приложение Б.....	118
Приложение В	119
Приложение Г.....	121
Приложение Д	122
Приложение Е	123

Введение

Темой выпускной квалификационной работы является разработка технологии изготовления вала. Что позволяет повысить навыки разработки технологического процесса изготовления деталей и закрепить теоретические знания по дисциплине «Технология машиностроения».

Каждое машиностроительное предприятие ставит задачу продвижения своих товаров на рынке, а также улучшения качества процессов выпуска продукции.

Исходя из потребности в создании серийного производства, увеличиваем программу выпуска рассматриваемого изделия на ПК «Казцинкмаш» до 1500 валов в год.

Машиностроение играет фундаментальную роль в модернизации научно-технического прогресса, повышении производительности труда, переводе экономики на интенсивный путь развития и создании условий, определяющих развитие многих видов производства и промышленности. Важными задачами машиностроения являются совершенствование технологических процессов, внедрение автоматизации производства и точной механизации. Также необходимо использовать положительные результаты в науки, при разработке или получении новых продуктов, совершенствовать методы управления персоналом, следить за нормами охраны труда, отдыхом, организацией питания персонала.

Для выполнения работы нужно рассчитать режимы резания и припуски на обработку. Назначить оборудование, приспособление, инструмент, с помощью которого будет производиться обработка детали. Так же, необходимо рассчитать время обработки, необходимое для изготовления детали. Разработанный технологический процесс должен соответствовать требованиям экономической эффективности изготовления детали.

1 Технологическая часть

1.1 Исходные данные

Разработать и проработать технологический процесс изготовления детали - вал. Чертёж детали представлен на рисунке 1;а 3Д модель на рисунке 2. Предлагаемая годовая программа выпуска: 1500 шт.

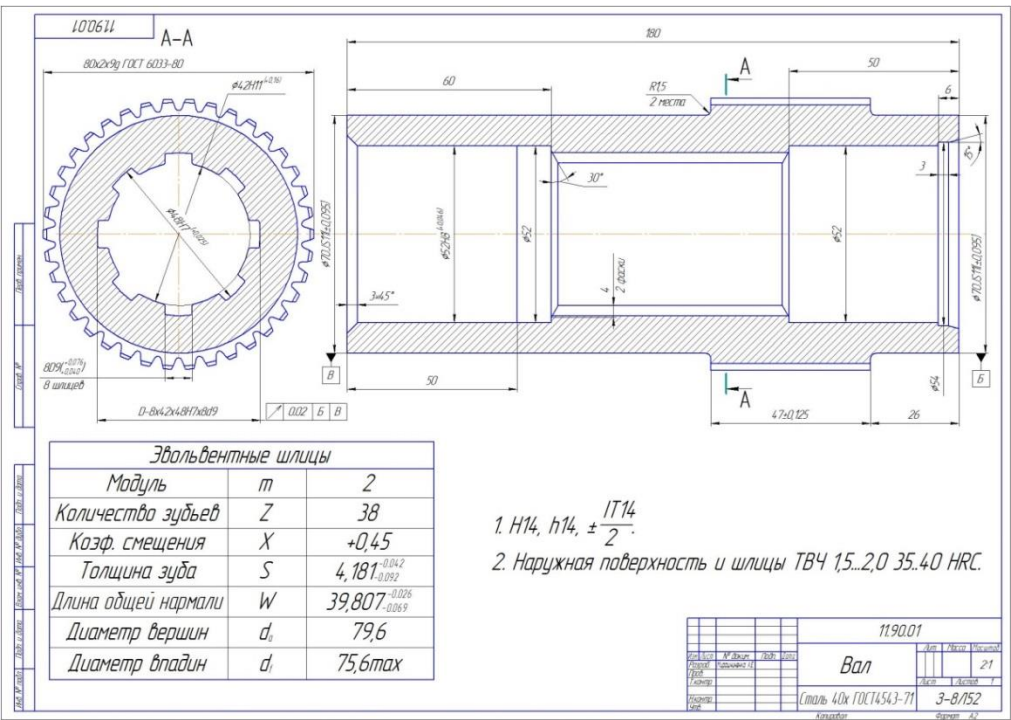


Рисунок 1 – Чертеж детали

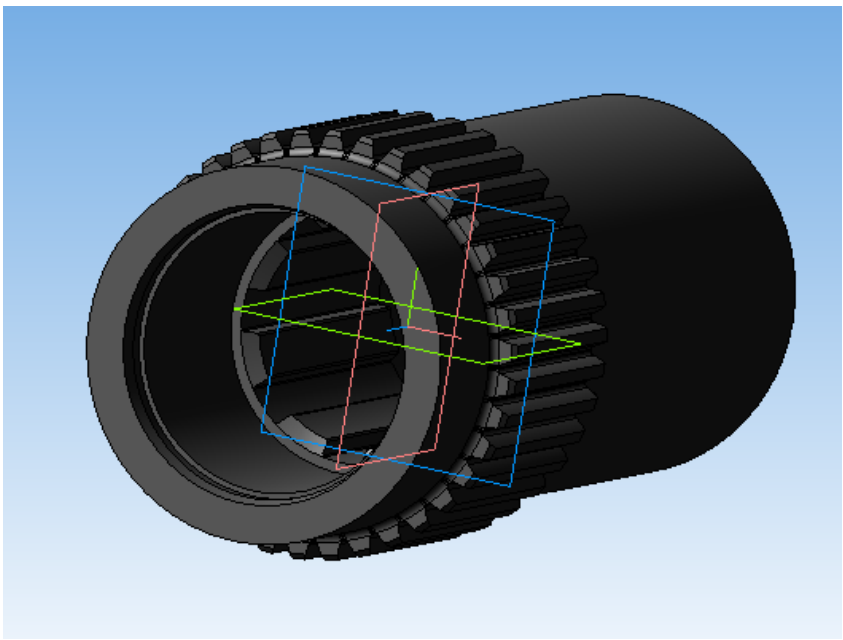


Рисунок 2 – 3Д модель детали

1.2 Определение типа производства

Тип производства определяем по коэффициенту закрепления операций, который находим по формуле:

$$K_{з.о.} = \frac{t_{\text{в}}}{T_{\text{ср}}}, \quad (1)$$

где, $t_{\text{в}}$ – такт выпуска детали, мин.;

$T_{\text{ср}}$ – среднее штучно – калькуляционное время на выполнение операций технологического процесса, мин.

Такт выпуска детали определяем по формуле:

$$t_{\text{в}} = \frac{F_{\text{г}}}{N_{\text{г}}},$$

где $F_{\text{г}}$ – годовой фонд времени работы оборудования, мин.;

$N_{\text{г}}$ – годовая программа выпуска деталей.

Годовой фонд времени работы оборудования определяем по таблице 2.1 [1, стр.22] при двухсменном режиме работы: $F_{\text{г}} = 4029$ ч.

Тогда:

$$t_{\text{в}} = \frac{F_{\text{г}}}{N_{\text{г}}} = \frac{4029 \times 60}{1500} = 161,16 \text{ мин};$$

Среднее штучно – калькуляционное время на выполнение операций технологического процесса:

$$T_{\text{ср}} = \frac{\sum_{i=1}^n T_{\text{ш.к } i}}{n}, \quad (2)$$

где $T_{\text{ш.к } i}$ – штучно – калькуляционное время i - ой основной операции, мин.;

n – количество основных операций.

Предлагаю выделить основное операций две токарные с числовым программным управлением и одна шлифовальная операции (см. операционную карту)($n=3$).

Штучно – калькуляционное время i - ой основной операции определяем по рекомендациям приложения 1 [1,стр.147]:

$$T_{ш.к i} = \varphi_{к.i} \times T_{о.i}, \quad (3)$$

где $\varphi_{к.i}$ – коэффициент i - ой основной операции, зависящий от вида станка и типа предполагаемого производства, мин.;

$T_{о.i}$ – основное технологическое время i - ой операции, мин.

Для первых двух операций (токарная с числовым программным управлением): $\varphi_{к.1} = \varphi_{к.2} = 2,14$;

для шлифовальной : $\varphi_{к.3} = 2,10$.

Основное технологическое время определяем по рекомендациям приложения 1 [1,стр.146], где время зависит от длины и диаметра обрабатываемой поверхности, а также от вида обработки.

Основное технологическое время первой токарной операции с числовым программным управлением на станке ROMI G50 определяем для наиболее продолжительных по времени переходов:

$$T_{о.1} = (4 \times 0,17 \times d \times l + 0,52 \times d \times l + 3 \times 0,18 \times d \times l + 0,18 \times d \times l) \times 10^{-3},$$

где D – наибольший диаметр обрабатываемого торца, мм;

d – наименьший диаметр обрабатываемого торца, диаметр обрабатываемого отверстия, мм;

l – длина обрабатываемой поверхности, мм.

Значения вышеперечисленных переменных определяем приближенно, по рисунку 1.

Тогда:

$$\begin{aligned} T_{о.1} &= (4 \times 0,17 \times d \times l + 0,52 \times d \times l + 3 \times 0,18 \times d \times l + 0,18 \times d \times l) \times 10^{-3} = \\ &= (4 \times 0,17 \times 70 \times 107 + 0,52 \times 40 \times 180 + 3 \times 0,18 \times 52 \times 60 \\ &\quad + 0,18 \times 42 \times 70) \times 10^{-3} = 11,1 \text{ мин.} \end{aligned}$$

Штучно – калькуляционное время данной операции определяем по формуле (3):

$$T_{ш.к 1} = \varphi_{к.1} \times T_{о.1} = 2,14 \times 11,1 = 23,8 \text{ мин.}$$

Основное технологическое время второй токарной операции с числовым программным управлением на станке ROMI G50 определяем для наиболее продолжительных по времени переходов:

$$T_{o,2} = (4 \times 0,17 \times d \times l + 2 \times 0,17 \times d \times l + 3 \times 0,18 \times d \times l + 3 \times 0,18 \times d \times l) \times 10^{-3},$$

Тогда:

$$T_{o,2} = (4 \times 0,17 \times d \times l + 2 \times 0,17 \times d \times l + 3 \times 0,18 \times d \times l + 3 \times 0,18 \times d \times l) \times 10^{-3} = \\ = (4 \times 0,17 \times 70 \times 26 + 2 \times 0,17 \times 80 \times 47 + 3 \times 0,18 \times 54 \times 6 + 3 \times 0,18 \times 52 \times 44) \times 10^{-3} = 3,93 \text{ мин.}$$

Штучно – калькуляционное время данной операции ,формула (3):

$$T_{ш.к 2} = \varphi_{к.2} \times T_{o,2} = 2,14 \times 3,93 = 8,4 \text{ мин.}$$

Основное технологическое время круглошлифовальной операции (см. операционную карту):

$$T_{o,3} = (0,07 \times d \times l + 0,07 \times d \times l) \times 10^{-3}$$

Тогда:

$$T_{o,3} = (0,07 \times 70 \times 107 + 0,07 \times 70 \times 26) \times 10^{-3} = 0,7 \text{ мин.}$$

Основное технологическое время круглошлифовальной операции (см. операционную карту):

$$T_{ш.к 3} = \varphi_{к.3} \times T_{o,3} = 2,1 \times 0,7 = 1,47 \text{ мин.}$$

Среднее штучно – калькуляционное время на выполнение операций технологического процесса определяем по формуле (2):

$$T_{cp} = \frac{\sum_{i=1}^n T_{ш.к i}}{n} = \frac{T_{ш.к 1} + T_{ш.к 2} + T_{ш.к 3}}{3} = \frac{23,8 + 8,4 + 0,7}{3} = 10,97 \text{ мин.}$$

Тип производства определяем по формуле(1):

$$K_{3,0} = \frac{t_6}{T_{cp}} = \frac{161,16}{10,97} = 14,69.$$

Так как $10 < K_{3,0} < 20 = 10 < 14,69 < 20$, делаем вывод тип производства среднесерийный.

1.3 Анализ технологичности конструкции детали

Деталь имеет некоторые сложности в изготовлении. Деталь непосредственно требует и применение специального оборудования, такого как зубодолбежный и зубофрезерный станок. Но тем же временем обеспечивается свободный доступ инструмента ко всем обрабатываемым поверхностям, деталь имеет хорошую жесткость для изготовления. На детали присутствуют совокупность поверхностей, которые могут быть использованы в качестве технологических баз.

Форма детали позволяет использовать металлопрокат в качестве заготовки и не требует применения дорогостоящего литья или изготовления штампа для штамповки. Предварительная обработка будет производиться на станке с числовым программным управлением ROMI G50, а именно диаметр 70js11 окончательную – на шлифовальном, внутреннюю обработку полностью изготавливать на станке с числовым программным управлением.

Для изготовления детали применяется сталь 40Х. Химические состав стали представлен в таблице 1. Сталь 40х - Сталь конструкционная углеродистая качественная.

Таблица 1 Химический состав стали 40х

С	Si	Mn	S	P	Ni	Gr	Cu	Fe
углерод	кремний	марганец	сера	фосфор	никель	хром	медь	железо
0,36-044	0,17-0,37	0,5-0,8	До 0,035	До 0,035	До 0,3	0,8-1,1	До 0,3	~97

Все необходимые виды содержатся в чертеже, которые дают представление о форме и размерах детали. Размеры и требования чертежа охватывают все формообразующие поверхности с указанием допусков на изготовление. Обозначения шероховатостей выполнены в соответствии с требованиями по оформлению чертежей по ЕСКД ГОСТ 2.001-93. Анализируя

параметры точности размеров детали, можно заметить, что почти на все поверхности назначены относительно грубые допуски, что позволяет использовать не точное оборудование и простой измерительный инструмент. Наличие точных поверхностей $\varnothing 70JS11 (\pm 0,095)$ подразумевает использование шлифовальной операции, обеспечивающей высокую точность размера, $\varnothing 50H8 (+0,046)$ можно выполнить чистовое растачивание на станке с числовым программным управлением. Относительно качества поверхностного слоя не было предъявлено жестких требований по обеспечению низкого параметра шероховатости. Параметры шероховатости $Ra\ 10,0$ мкм для всех поверхностей, а также $Ra0,63$ для поверхности $\varnothing 70JS11 (\pm 0,095)$ могут быть выдержаны непосредственно при шлифовальной обработке, а $Ra2,5$ можно выдержать при помощи использования современного режущего инструмента, т.е. без необходимости применения доводочных операций. На чертеже стоит обозначений твердости, а значит термообработка предполагается.

С учетом изложенного можно сделать вывод, что конструкция детали - технологична.

1.4 Выбор исходной заготовки.

С учетом технологических свойств материала детали (материал детали сталь 40х), её габаритов и массы, требований к механическим свойствам (особых требований нет), а также типом производства (среднесерийный) выбираем в качестве исходной заготовки – прокат горячекатаный, рисунок 2.

Используем размер проката D90, так как множество фирм предлагают данный прокат, что следовательно можно выбрать более дешёвого поставщика.

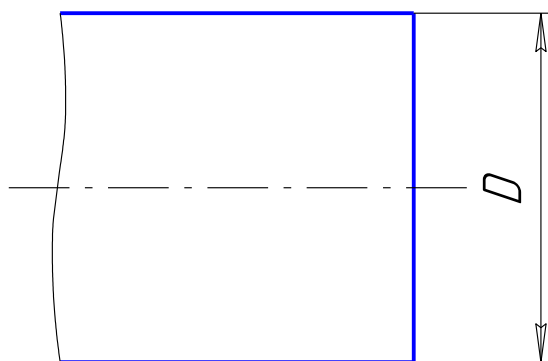


Рисунок 3 – Заготовка детали

1.5 Анализ существующего технологического процесса

В базовом технологическом процессе, изготовления детали "Вал" применяем современное оборудование токарно-обрабатывающие центра Romi G50, зубофрезерный станок OFA 75CNC6, но явным недостатком будет применение ручного труда и низко-производительного оборудования с ручным управлением. Базовый технологический процесс разработан с учетом производства на ПК «Казцинкмаш».

В таблице 2 Приведен базовый технологический процесс.

Таблица 2 Базовый технологический процесс

№ операции	Название операции	Краткое содержание операции
005	Отрезная	Отрезать заготовку из круглого проката
010	Токарная с числовым программным управлением	Подрезать левый торец и обработать по контуру со стороны левого торца
015	Токарная с числовым программным управлением	Подрезать правый торец и обработать по контуру со стороны правого торца
020	Зубофрезерная с числовым программным управлением	Нарезать наружный шлиц
025	Зубодолбежная	Нарезать внутренний шлиц
030	Поверхностная закалка	Произвести термообработку наружной поверхности и шлицев

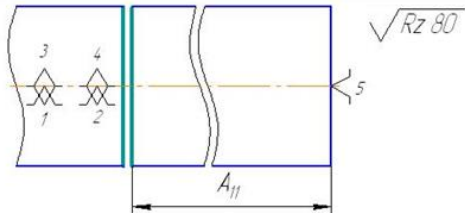
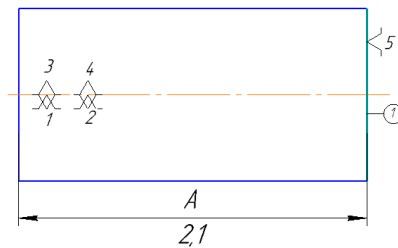
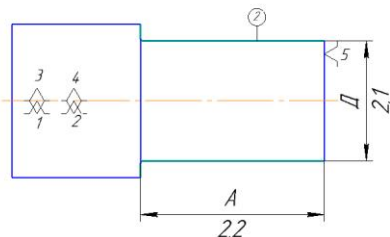
Продолжение таблицы 2

№ операции	Название операции	Краткое содержание операции
035	Круглошлифовальная	Шлифовать выдерживая размеры и частоту поверхности
040	Слесарная	Зачистить заусенцы, притупить кромки
045	Помывочная	Помыть деталь
050	Контрольная ОТК	Произвести замер всех поверхностей
055	Консервация	Консервировать деталь

1.6 Проектирование маршрутного технологического процесса и операций

Базовый технологический процесс не подходит по операциям 010, 015, 020, 025, 035 тогда разрабатываемый маршрут изготовления детали "Вал" примет вид согласно таблице 3.

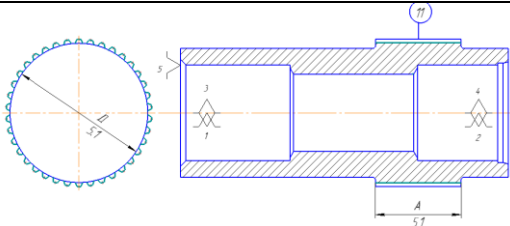
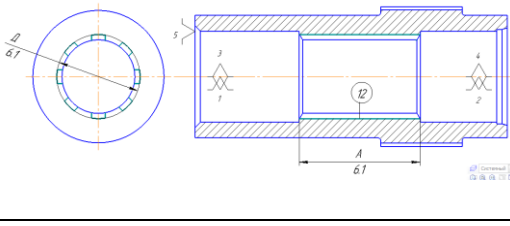
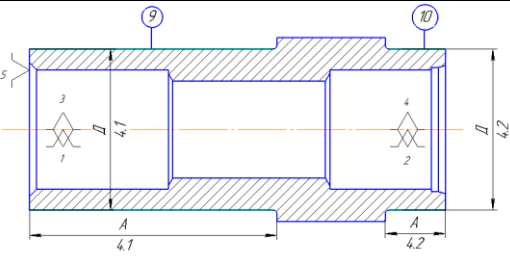
Таблица 3 Маршрут технологии изготовления вала

Операция	Наименование операции и содержание переходов	Операционный эскиз	Оборудование оснастка
005	<u>Заготовительная</u> 1. Выдвинуть прокат до упора 2. Закрепить прокат 3. Отрезать заготовку выдерживая размер $A_{1.1}$		Станок ленточнопильный Опор откидной
010	<u>Токарная с числовым программным управлением</u> 1. Установить заготовку и закрепить 2. Подрезать торец 1 в р-р $A_{2.1}$		Токарный станок ROMI G50 Пневматический патрон
	3. Точить поверхность 2 в р-ры $A_{2.2}$ и $D_{2.1}$ начерно		

Продолжение таблицы3

Операция	Наименование операции и содержание переходов	Операционный эскиз	Оборудование оснастка
	4. Сверлить отверстие 3 в р-ры $A_{2,3}$ и $D_{2,2}$ сверлом Tungaloy		
	5. Расточить поверхность 4 в р-ры $A_{2,4}$ $D_{2,3}$; $A_{2,5}$ $D_{2,4}$ начерно и начисто		
015	<u>Токарная с числовым программным управлением</u> 1. Установить заготовку и закрепить, выверить. 2. Подрезать торец 5 в р-р $A_{3,1}$		Токарный станок ROMI G50 Пневматический патрон
	3. Точить поверхность 6 в р-ры $A_{3,2}$ $D_{3,1}$; $A_{3,3}$ $D_{3,2}$ начерно, поверхность 7 начисто		
	4. Расточить поверхность 8 в р-ры $A_{3,4}$ $D_{3,3}$; $A_{3,5}$ $D_{3,4}$ начерно и начисто		

Продолжение таблицы 3

Операция	Наименование операции и содержание переходов	Операционный эскиз	Оборудование оснастка
020	<u>Зубофрезная</u> 1. Установить в центра, выверить 2. Нарезать 38 шлицов на поверхности 11 в р-ры $A_{5.1}D_{5.1}$ начерно и начисто		Зуборезный станок с числовым программным управлением OFA 75 CNC6, патрон
025	<u>Зубодолбежная</u> 1. Установить в патроне, выверить 2. Нарезать 8 шлицов на поверхности 12 в р-ры $A_{6.1}D_{6.1}$ начерно и начисто		SYKES 450 Н, патрон
030	<u>Поверхностная закалка</u> 1. Произвести поверхностную закалку		ТВЧ
035	<u>Круглошлифовальная</u> 1. Установить в центра 2. Шлифовать поверхность 9и10 в р-ры $A_{4.1}D_{4.1}$ и $A_{4.2}D_{4.2}$ начисто		Круглошлифовальный станок TOS 3164BYA31/20 Центра
040	<u>Слесарная</u> 1. Зачистить заусенцы, притупить кромки		Тиски слесарные
045	<u>Помывочная</u> 1. Помыть деталь		
050	<u>Контрольная ОТК</u> 1. Провести полный технический контроль		
055	<u>Консервация</u> 1. Консервировать		

1.7 Расчет допусков, припусков промежуточных и исходных размеров заготовки.

Расчет припусков и технологических размеров проводится с целью обеспечения требуемой точности конструкторских размеров и требуемого

качества поверхности. Припуски на обработку и технологические размеры назначаются из значений минимально допустимых припусков на обработку, а так же точности конструкторских размеров.

1.7.1 Расчет припусков и технологических размеров поверхности Ø79,6h14

Минимальный припуск на обработку поверхностей вращения определяется по формуле:

$$2 \cdot z_{i \min} = 2 \cdot \left(Rz_{i-1} + h_{i-1} + \sqrt{\rho_{i-1}^2 + \varepsilon_i^2} \right), \quad (4)$$

где Rz_{i-1} – шероховатость поверхности на предшествующем переходе или операции, мкм;

h_{i-1} – толщина дефектного поверхностного слоя, полученного на предшествующем переходе или операции, мкм;

ρ_{i-1} – суммарное пространственное отклонение обрабатываемой поверхности, полученного на предшествующем переходе или операции, мкм;

ε_i – погрешность установки заготовки на выполняемом переходе, мкм.

Расчет припусков на обработку отверстия Ø79,6h14 сводим в таблицу 4.

Таблица 4 расчет припусков на обработку отверстия Ø79,6h14.

Переходы обработ. поверх. Ø79,6	Элементы минимального припуска, мкм				Миним. припуск $2 \cdot Z_{\min}$, мкм	Допуск на перехо д TD, мкм	Сред. размер, мм	Технол .размер , мм	Припуск на обработ.
	Rz	h	ρ	ε					
Заготовка	150	250	90	0	-	1600	89,7	$90^{+0,5}_{-1,1}$	-
Точение: Черновое h14	50	50	0	420	1675	740	79,23	$79,6_{-0,74}$	$10,4^{+1,24}_{-1,1}$

Шероховатость поверхности и толщину дефектного поверхностного слоя после механической обработки определяем по таблице 4.5 [1, с. 64]:

черновое точение: $Rz = 50$ мкм, $h = 50$ мкм;

В суммарное пространственное отклонение поверхности заготовки включаем только коробление, которое определяется как произведение удельной кривизны заготовки на длину (таблица 9 [2, с. 86]). Для проката обычной точности $\Delta_k = 0,5$ мкм/мм. Вылет заготовки из патрона $l \approx 115$ мм. Таким образом:

$$\rho_{\text{заг}} = \Delta_k \cdot l = 0,5 \cdot 180 = 90 \text{ мкм}.$$

Погрешность установки заготовки на выполняемом переходе зависит только от погрешности закрепления (погрешности базирования нет). Погрешность закрепления определяем по таблице 4.10 [1, с.76]:

черновое точение: $\varepsilon = 420$ мкм;

Минимальный припуск на точение, формула (4):

$$2 \cdot z_{1\min} = 2 \cdot \left(Rz_0 + h_0 + \sqrt{\rho_0^2 + \varepsilon_1^2} \right) = 2 \left(150 + 250 + \sqrt{90^2 + 420^2} \right) = 1659 \text{ мкм}.$$

Расчет диаметральных технологических размеров выполняем из условия обеспечения минимальных припусков на обработку. При этом расчете будем использовать размерную схему, представленную на рисунке 4.

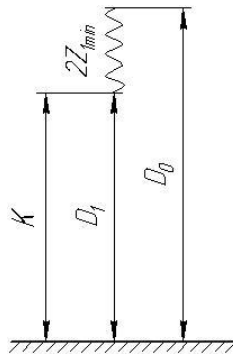


Рисунок 4 – Размерная схема обработки поверхности $\varnothing 79,6h14$ мм.

Допуск и предельные отклонения на заготовку выбираем в соответствии с рекомендациями [2, прил. 5, с. 90]:

$$D_0 \begin{matrix} +0,5 \\ -1,1 \end{matrix}$$

$$D_1^c = D_1 + \frac{BOD_1 + HOD_1}{2} = 79,6 + \frac{0 - 0,74}{2} = 79,23 \text{ мм};$$

$$2 \cdot Z_1^c = 2 \cdot Z_{1\min} + \frac{TD_1 + TD_0}{2} = 1,675 + \frac{0,74 + 1,6}{2} = 2,845 \text{ мм};$$

$$D_0^c = D_1^c + 2 \cdot Z_1^c = 79,23 + 2,845 = 82,075 \text{ мм.}$$

Вычислим номинальное значение D_0 :

$$D_0 = D_0^c + \frac{BOD_0 + HOD_0}{2} = 82,074 + \frac{0,5 - 1,1}{2} = 81,774 \text{ мм.}$$

Расчетное значение этого звена составит: $D_0 = 81,774_{-1,1}^{+0,5}$ мм.

Примем в соответствии со стандартом: $D_0 = 90_{-1,1}^{+0,5}$ мм.

Фактическое значение припуска:

$$2 \cdot Z_1 = D_0 - D_1 = 90_{-1,1}^{+0,5} - 79,6_{-0,74} = 10,4_{-1,1}^{+1,24} \text{ мм}$$

$$2 \cdot Z_{1min} = 9,3 \text{ мм}$$

$$2 \cdot Z_{1max} = 11,64 \text{ мм}$$

1.7.2 Расчет припусков и технологических размеров поверхности Ø70JS11

Расчет припусков на обработку производим по вышеуказанной формуле (4) и сводим их в таблицу 5.

Таблица 5 расчет припусков на обработку поверхности Ø70JS11

Переход. обработ. поверх. Ø70JS11	Элементы минимального припуска, мкм				Миним . припус к $2 \cdot Z_{min}$, мкм	Допус к на перех од TD, мкм	Сред. разме р, мм.	Технол. размер, мм	Припуск на обработ
	Rz	h	ρ	ε					
Точение: Черновое h14	50	50	5,4	70		620	71,037	71,347 _{-0,6}	10,4 _{-1,1} ^{+1,24}
Чистовое h10	30	30	3,6	0	207,2	100	70,47	70,52 _{-0,1}	0,827 _{-0,6} ^{+0,1}
Шлифов. JS11	3,2	15	0,18	0	120,23	20	70	70 _{-0,095} ^{+0,095}	0,52 _{-0,005} ^{+0,095}

Шероховатость поверхности и толщину дефектного поверхностного слоя после механической обработки определяем:

черновое точение: $Rz = 50$ мкм, $h = 50$ мкм;

чистовое точение: $Rz = 30$ мкм, $h = 30$ мкм;

шлифование: $Rz = 3,2$ мкм; $h = 15$ мкм.

В суммарное пространственное отклонение поверхности заготовки включаем только коробление, которое определяется как произведение удельной кривизны заготовки на длину:

$$\rho_{\text{заг}} = \Delta_k \cdot l = 0,5 \cdot 180 = 90 \text{ мкм.}$$

Остаточное суммарное пространственное отклонение поверхности после механической обработки определяется по эмпирической зависимости:

черновое точение: $\rho = 0,06 \cdot 90 = 5,4 \text{ мкм,}$

чистовое точение: $\rho = 0,04 \cdot 90 = 3,6 \text{ мкм,}$

шлифование: $\rho = 0,002 \cdot 90 = 0,18 \text{ мкм,}$

Погрешность закрепления определяем:

черновое точение: $\varepsilon = 70 \text{ мкм.}$

чистовое точение: $\varepsilon = 0 \text{ мкм.}$

шлифование: $\varepsilon = 0$

Минимальный припуск под чистовое точение, формула (4):

$$2 \cdot z_{1 \min} = 2 \cdot \left(Rz_1 + h_1 + \sqrt{\rho_1^2 + \varepsilon_2^2} \right) = 2(50 + 50 + 3,6) = 207,2 \text{ мкм.}$$

Минимальный припуск под шлифование:

$$2 \cdot z_{1 \min} = 2 \cdot \left(Rz_1 + h_1 + \sqrt{\rho_1^2 + \varepsilon_2^2} \right) = 2(30 + 30 + 0,18) = 120,36 \text{ мкм.}$$

Точность и качество поверхности при обработке наружных цилиндрических поверхностей определяем:

допуск на черновое точение: 620 мкм;

допуск на чистовое точение: 100 мкм;

допуск на шлифование: 20 мкм.

Для расчета диаметральных технологических размеров воспользуемся размерной схемой представленной на рисунке 5.

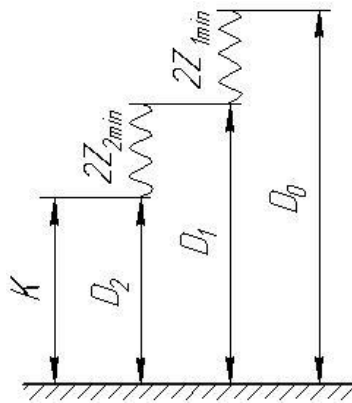


Рисунок 5 – Размерная схема обработки поверхности Ø70JS11 мм.

Сперва определяем технологический размер под чистовое точение – D_1 . Для этого рассмотрим размерную цепь, в которую входят размеры: $D_2 = K$, D_1 , $2 \cdot Z_{2min}$.

$$D_2^c = D_2 + \frac{BOD_2 + HOD_2}{2} = 70 + \frac{0,095 - 0,095}{2} = 70 \text{ мм};$$

$$2 \cdot Z_2^c = 2 \cdot Z_{2min} + \frac{TD_2 + TD_1}{2} = 0,12 + \frac{0,095 + 0,095}{2} = 0,47 \text{ мм},$$

и вычисляем

$$D_1^c = D_2^c + 2 \cdot Z_2^c = 70 + 0,47 = 70,47 \text{ мм}.$$

Звено D_1^c записываем в виде: $D_1 = 70,47 \pm 0,05 \text{ мм}$.

Так как для валов принято использовать наибольший предельный размер, то запишем $D_1 = 70,52_{-0,1} \text{ мм}$.

Фактическое значение припуска:

$$2 \cdot Z_2 = D_1 - D_2 = 70,52_{-0,1} - 70^{+0,095}_{-0,095} = 0,52^{+0,095}_{-0,005} \text{ мм}.$$

$$2 \cdot Z_{2min} = 0,515 \text{ мм}$$

$$2 \cdot Z_{2max} = 0,595 \text{ мм}$$

Далее определяем величину D_0 – технологический размер под черновое точение. Здесь необходимо рассмотреть размерную цепь, в которую входят размеры: D_1 , D_0 , $2 \cdot Z_{1min}$:

$$2 \cdot Z_1^c = 2 \cdot Z_{1min} + \frac{TD_1 + TD_0}{2} = 0,207 + \frac{0,1 + 0,62}{2} = 0,567 \text{ мм},$$

и вычисляем:

$$D_0^c = D_1^c + 2 \cdot Z_1^c = 70,47 + 0,567 = 71,037 \text{ мм.}$$

Звено D_0^c записываем в виде: $D_0 = 71,037 \pm 0,31 \text{ мм.}$

Так как для валов принято использовать наибольший предельный размер, то запишем $D_0 = 71,347_{-0,62} \text{ мм.}$

Фактическое значение припуска:

$$2 \cdot Z_1 = D_0 - D_1 = 71,347_{-0,62} - 70,52_{-0,1} = 0,827_{-0,6}^{+0,1} \text{ мм.}$$

$$2 \cdot Z_{1min} = 0,227 \text{ мм}$$

$$2 \cdot Z_{1max} = 0,927 \text{ мм}$$

1.7.3 Расчет припусков и технологических размеров поверхности Ø52H8 Ø 42H11 Ø52H14 Ø54_{-0,1}

Так как для обработки внутренних поверхностей используется токарный станок с числовым программным управлением, то точение поверхностей Ø52H8 Ø 42H11 Ø52H14 Ø54_{-0,1} будет выполняться по контуру окончательно. Таким образом, можно принять, что минимальный припуск на чистовое точение будет: $2 \cdot Z_{1min} = 200 \text{ мкм.}$ Нужно определить технологический размер под черновое точение. Схема представлена на рисунке 6.

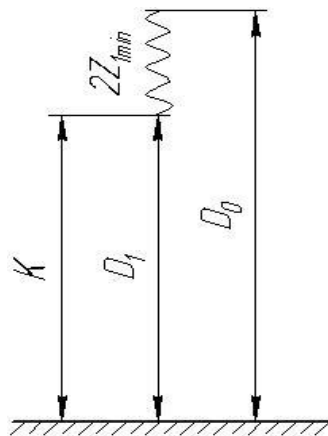


Рисунок 6 – Размерная схема обработки поверхностей Ø52H8 Ø 42H11 Ø52H14 Ø54_{-0,1}.

Допуск под черновое точение – $TD_0 = 270 \text{ мкм;}$

Шероховатость поверхности и толщину дефектного поверхностного слоя после механической обработки определяем:

черновое растачивание: $Rz = 50$ мкм, $h = 50$ мкм;

чистовое растачивание: $Rz = 10$ мкм, $h = 10$ мкм;

В суммарное пространственное отклонение поверхности заготовки включаем только коробление, которое определяется как произведение удельной кривизны заготовки на длину:

$$\rho_{\text{заг}} = \Delta_{\text{к}} \cdot l = 0,5 \cdot 180 = 90 \text{ мкм.}$$

Таблица 6 расчет припусков на обработку поверхности Ø52Н8

Переход. Обработ. Поверх.	Элементы минимального припуска, мкм				Миним. Припуск $2 \cdot Z_{\min}$, мкм	Допуск на переход TD, мкм	Сред. Размер, мм.	Технол. Размер, мм.	Припуск на обработ.
	Rz	h	ρ	E					
Растачива ние: Черновое Н14 Чистовое Н8 Ø52Н8	50 20	- -	41 2	70 0	260 100	200 100	51,57 51,354	$51,5^{+0,2}_{-0,1}$ $51,3^{+0,1}$	$0,4^{+0,2}_{-0,1}$ $0,68^{+0,1}_{-0,1}$
Растачива ние: Черновое Н14 Чистовое Н11 Ø42Н11	50 20	- -	41 2	70 0	260 100	200 100	41,51 40,92	$41,46^{+0,1}_{-0,1}$ $41,11^{+0,2}_{-0,1}$	$0,54^{+0,03}_{-0,1}$ $0,35^{+0,2}_{-0,1}$
Растачива ние: Черновое Чистовое Ø54 ^{+0,1}	50 20	- -	41 2	70 0	260 100	200 100	53,57 53,354	$53,5^{+0,2}_{-0,1}$ $53,3^{+0,1}$	$0,4^{+0,2}_{-0,1}$ $0,68^{+0,1}_{-0,1}$
Растачива ние: Черновое Н14 Ø52Н14	50	-	41	70	260	200	51,57	$51,5^{+0,2}_{-0,1}$	$0,4^{+0,2}_{-0,1}$

Расчет для размера ø52н8:

Минимальный припуск под чистовое точение, формула (4):

$$2 \cdot z_{1 \min} = 2 \cdot \left(Rz_1 + h_1 + \sqrt{\rho_1^2 + \varepsilon_2^2} \right) = 2 \left(50 + \sqrt{41^2 + 70^2} \right) = 260 \text{ мкм.}$$

Точность и качество поверхности при обработке наружных цилиндрических поверхностей определяем:

допуск на черновое точение: 270 мкм;

допуск на чистовое точение: 100 мкм;

Сперва определяем технологический размер под чистовое точение – D_1 . Для этого рассмотрим размерную цепь, в которую входят размеры: $D_2 = K$, D_1 , $2 \cdot Z_{2min}$.

$$D_2^c = D_2 + \frac{BOD_2 + HOD_2}{2} = 52 + \frac{0 - 0,046}{2} = 51,98 \text{ мм};$$

$$2 \cdot Z_2^c = 2 \cdot Z_{2min} + \frac{TD_2 + TD_1}{2} = 0,1 + \frac{0,046 + 0,1}{2} = 0,623 \text{ мм},$$

и вычисляем:

$$D_1^c = D_2^c - 2 \cdot Z_2^c = 51,977 - 0,623 = 51,354 \text{ мм}.$$

Звено D_1^c записываем в виде: $D_1 = 51,354 \pm 0,05 \text{ мм}$.

Так как для отверстий принято использовать наименьший предельный размер, то запишем $D_1 = 51,3^{+0,1} \text{ мм}$.

Фактическое значение припуска:

$$2 \cdot Z_2 = D_2 - D_1 = 51,98_{-0,1} - 51,3^{+0,1} = 0,68_{-0,1}^{+0,1} \text{ мм}.$$

$$2 \cdot Z_{2min} = 0,58 \text{ мм}$$

$$2 \cdot Z_{2max} = 0,78 \text{ мм}$$

Далее определяем величину D_0 – технологический размер под черновое точение. Здесь необходимо рассмотреть размерную цепь, в которую входят размеры: D_1 , D_0 , $2 \cdot Z_{1min}$:

$$2 \cdot Z_1^c = 2 \cdot Z_{1min} + \frac{TD_1 + TD_0}{2} = 0,26 + \frac{0,1 + 0,2}{2} = 0,41 \text{ мм},$$

и вычисляем:

$$D_0^c = D_1^c - 2 \cdot Z_1^c = 51,98 - 0,41 = 51,57 \text{ мм}.$$

Звено D_0^c записываем в виде: $D_0 = 51,57 \pm 0,1 \text{ мм}$.

Так как для отверстий принято использовать наименьший предельный размер, то запишем $D_0 = 51,47^{+0,2} \text{ мм}$. Окончательно запишем:

$$D_0 = 51,5^{+0,2} \text{ мм.}$$

Фактическое значение припуска:

$$2 \cdot Z_1 = D_0 - D_1 = 51,5^{+0,2} - 51,1^{+0,1} = 0,4^{+0,2}_{-0,1} \text{ мм.}$$

$$2 \cdot Z_{1min} = 0,30 \text{ мм}$$

$$2 \cdot Z_{1max} = 0,60 \text{ мм}$$

Расчет для размера $\varnothing 42H11$:

Сперва определяем технологический размер под чистовое точение – D_1 .

Для этого рассмотрим размерную цепь, в которую входят размеры: $D_2 = K$, D_1 , $2 \cdot Z_{2min}$.

$$D_2^c = D_2 + \frac{BOD_2 + HOD_2}{2} = 42 + \frac{0 - 0,16}{2} = 41,92 \text{ мм;}$$

$$2 \cdot Z_2^c = 2 \cdot Z_{2min} + \frac{TD_2 + TD_1}{2} = 0,2 + \frac{0,16 + 0,1}{2} = 0,41 \text{ мм,}$$

и вычисляем:

$$D_1^c = D_2^c - 2 \cdot Z_2^c = 41,92 - 0,41 = 41,51 \text{ мм.}$$

Звено D_1^c записываем в виде: $D_1 = 41,51 \pm 0,05 \text{ мм.}$

Так как для отверстий принято использовать наименьший предельный размер, то запишем $D_1 = 41,46^{+0,1} \text{ мм.}$

Фактическое значение припуска:

$$2 \cdot Z_2 = D_2 - D_1 = 42_{-0,030} - 41,46^{+0,1} = 0,54^{+0,03}_{-0,1} \text{ мм.}$$

$$2 \cdot Z_{2min} = 0,44 \text{ мм}$$

$$2 \cdot Z_{2max} = 0,57 \text{ мм}$$

Далее определяем величину D_0 – технологический размер под черновое точение. Здесь необходимо рассмотреть размерную цепь, в которую входят размеры: D_1 , D_0 , $2 \cdot Z_{1min}$:

$$2 \cdot Z_1^c = 2 \cdot Z_{1min} + \frac{TD_1 + TD_0}{2} = 0,1 + \frac{0,1 + 0,2}{2} = 0,25 \text{ мм,}$$

и вычисляем:

$$D_0^c = D_1^c + 2 \cdot Z_1^c = 41,46 - 0,25 = 41,21 \text{ мм.}$$

Звено D_0^c записываем в виде: $D_0 = 41,21 \pm 0,1 \text{ мм.}$

Так как для отверстий принято использовать наименьший предельный размер, то запишем $D_0 = 41,11^{+0,2}$ мм.

Фактическое значение припуска:

$$2 \cdot Z_1 = D_0 - D_1 = 41,46^{+0,2} - 41,11^{+0,1} = 0,35^{+0,2}_{-0,1} \text{ мм.}$$

$$2 \cdot Z_{1min} = 0,25 \text{ мм}$$

$$2 \cdot Z_{1max} = 0,55 \text{ мм}$$

1.7.4 Расчет припусков и технологических размеров в осевом направлении

Формула для расчета минимальных припусков на обработку плоскостей:

$$Z_{i min} = Rz_{i-1} + h_{i-1} + \rho_{i-1} \quad (5)$$

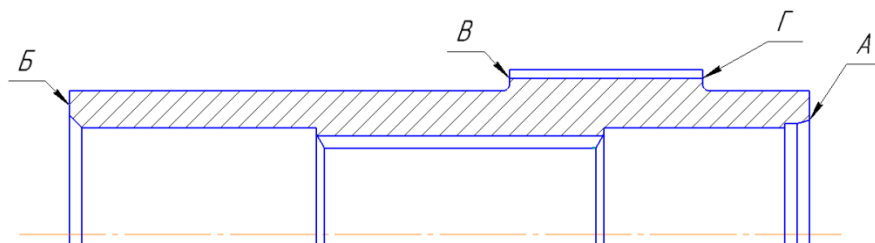


Рисунок 7 – Деталь

Расчет припуска на обработку торца А сводим в таблицу 7.

Таблица 7 расчет припуска на обработку торца А

Переходы обработки торца А	Элементы минимального припуска, мкм			Минимальный припуск Z_{min} , мкм
	Rz	h	ρ	
Заготовка	150	250	90	
Подрезка: Предварительная:	50	50		491

Шероховатость поверхности и толщину дефектного поверхностного слоя заготовки определяем по таблице 4.4 [1, с.64]: $R_z + h = 400$ мкм.

Суммарное пространственное отклонение торца заготовки возникает только из-за коробления (таблица 4.7 [1, стр.68]), , которое определяется как произведение удельной кривизны заготовки на наружный диаметр:

$$\rho = 0,5 \cdot 180 = 90 \text{ мкм.}$$

Погрешность установки заготовки не учитываем, так как эта погрешность войдет в допуск на соответствующий размер.

Минимальный припуск под подрезание, формула (5):

Черновое:

$$Z_{i \min} = Rz_{i-1} + h_{i-1} + \rho_0 = 150 + 250 + 90 = 490 \text{ мкм.}$$

Для торца Б (см. рисунок 6) принимаем минимальный припуск на обработку такой же как для торца А: $Z_{\min} = 491 \text{ мкм.}$

Расчет припусков на обработку торца в сводим в таблицу 8.

Таблица 8 – Расчет припуска на обработку торца В

Переходы обработки торца В	Элементы минимального припуска, мкм			Минимальный припуск Z_{\min} , мкм
	Rz	h	ρ	
Заготовка	150	250	90	
Подрезка:				
Предварительная:	50	50	2	
Окончательная:	30	30	1,4	102

Шероховатость поверхности и толщину дефектного поверхностного слоя заготовки определяем по таблице 4.4 [1, с.64]: $Rz = 150 \text{ мкм}$, $h = 250 \text{ мкм}$.

Торец В обрабатывается за один проход: черновой.

Суммарное пространственное отклонение находим по формуле:

$$\rho_{i-1} = \rho_{\phi_{i-1}} + \rho_{p_{i-1}}, \quad (6)$$

где $\rho_{\phi_{i-1}}$ – погрешность формы обрабатываемой поверхности;

$\rho_{p_{i-1}}$ – погрешность расположения обрабатываемой поверхности.

Из Приложения 3 [2, с.75] для $l \approx (160 \dots 300) \text{ мм}$:

$$\rho_{\phi_{i-1}} = 12 \text{ мкм, а } \rho_{p_{i-1}} = 23 \text{ мкм.}$$

Таким образом

$$\rho_{i-1} = \rho_{\phi_{i-1}} + \rho_{p_{i-1}} = 12 + 23 = 35 \text{ мкм.}$$

Остаточное суммарное пространственное отклонение поверхности после механической обработки определяется по эмпирической зависимости [1, с. 73]:

черновое точение: $\rho_1 = k_y \cdot \rho_{\text{заг}} = 0,06 \cdot 35 = 2 \text{ мкм}$,

чистовое точение: $\rho_2 = k_y \cdot \rho_{\text{заг}} = 0,04 \cdot 35 = 1,4 \text{ мкм}$

Минимальный припуск на подрезку торца, по формуле (5):

Окончательная:

$$Z_{\min} = Rz_{i-1} + h_{i-1} + \rho_{i-1} = 50 + 50 + 2 = 102 \text{ мкм.}$$

Расчет припусков на обработку торца Г сводим в таблицу 9.

Таблица 9 – Расчет припуска на обработку торца Г

Переходы обработки торца Г	Элементы припуска, мкм			Минимальный припуск Z_{\min} , мкм
	Rz	h	ρ	
Заготовка	150	250	90	
Подрезка:	50	50	1	101
Предварительная:	30	30	0,6	
Окончательная:				

Шероховатость поверхности и толщину дефектного поверхностного слоя заготовки определяем по таблице 4.4 [1, с.64]: $Rz = 150 \text{ мкм}$, $h = 250 \text{ мкм}$.

Торец В обрабатывается за один проход: черновой.

Суммарное пространственное отклонение находим по формуле:

$$\rho_{i-1} = \rho_{\phi_{i-1}} + \rho_{p_{i-1}}, \quad (7)$$

где $\rho_{\phi_{i-1}}$ – погрешность формы обрабатываемой поверхности;

$\rho_{p_{i-1}}$ – погрешность расположения обрабатываемой поверхности.

Из Приложения 3 [2, с.75] для $l \approx (10 \dots 50) \text{ мм}$:

$$\rho_{\phi_{i-1}} = 5 \text{ мкм}, \text{ а } \rho_{p_{i-1}} = 10 \text{ мкм.}$$

Таким образом

$$\rho_{i-1} = \rho_{\phi_{i-1}} + \rho_{p_{i-1}} = 5 + 10 = 15 \text{ мкм.}$$

Остаточное суммарное пространственное отклонение поверхности после механической обработки определяется по эмпирической зависимости [1, с. 73]:

черновое точение: $\rho_1 = k_y \cdot \rho_{\text{заг}} = 0,06 \cdot 15 = 1 \text{ мкм}$,

чистовое точение: $\rho_2 = k_y \cdot \rho_{\text{заг}} = 0,04 \cdot 15 = 0,6 \text{ мкм}$

Минимальный припуск на подрезку торца, по формуле (5):

Окончательная:

$$Z_{\min} = Rz_{i-1} + h_{i-1} + \rho_{i-1} = 50 + 50 + 1 = 101 \text{ мкм.}$$

Технологические размеры в осевом направлении определяем, используя размерную схему на рисунке 8.

Допуски на технологические размеры:

$$TA_{1,1} = 0,3 \qquad TA_{3,4} = 0,2$$

$$TA_{2,1} = 0,25 \qquad TA_{3,5} = 0,2$$

$$TA_{2,3} = 0,2 \qquad TA_{3,6} = 0,2$$

$$TA_{2,4} = 0,2$$

$$TA_{2,5} = 0,2$$

$$TA_{2,6} = 0,2$$

$$TA_{2,7} = 0,2$$

$$TA_{3,1} = 0,25$$

$$TA_{3,2} = 0,2$$

$$TA_{3,3} = 0,2$$

Допуски на линейные конструкторские размеры:

$$TK_1 = 1,15$$

$$TK_9 = 0,25$$

$$TK_2 = 0,87$$

$$TK_{10} = 0,25$$

$$TK_3 = 0,25$$

$$TK_{11} = 0,62$$

$$TK_4 = 0,74$$

$$TK_5 = 0,25$$

$$TK_6 = 0,74$$

$$TK_7 = 0,52$$

$$TK_8 = 0,25$$

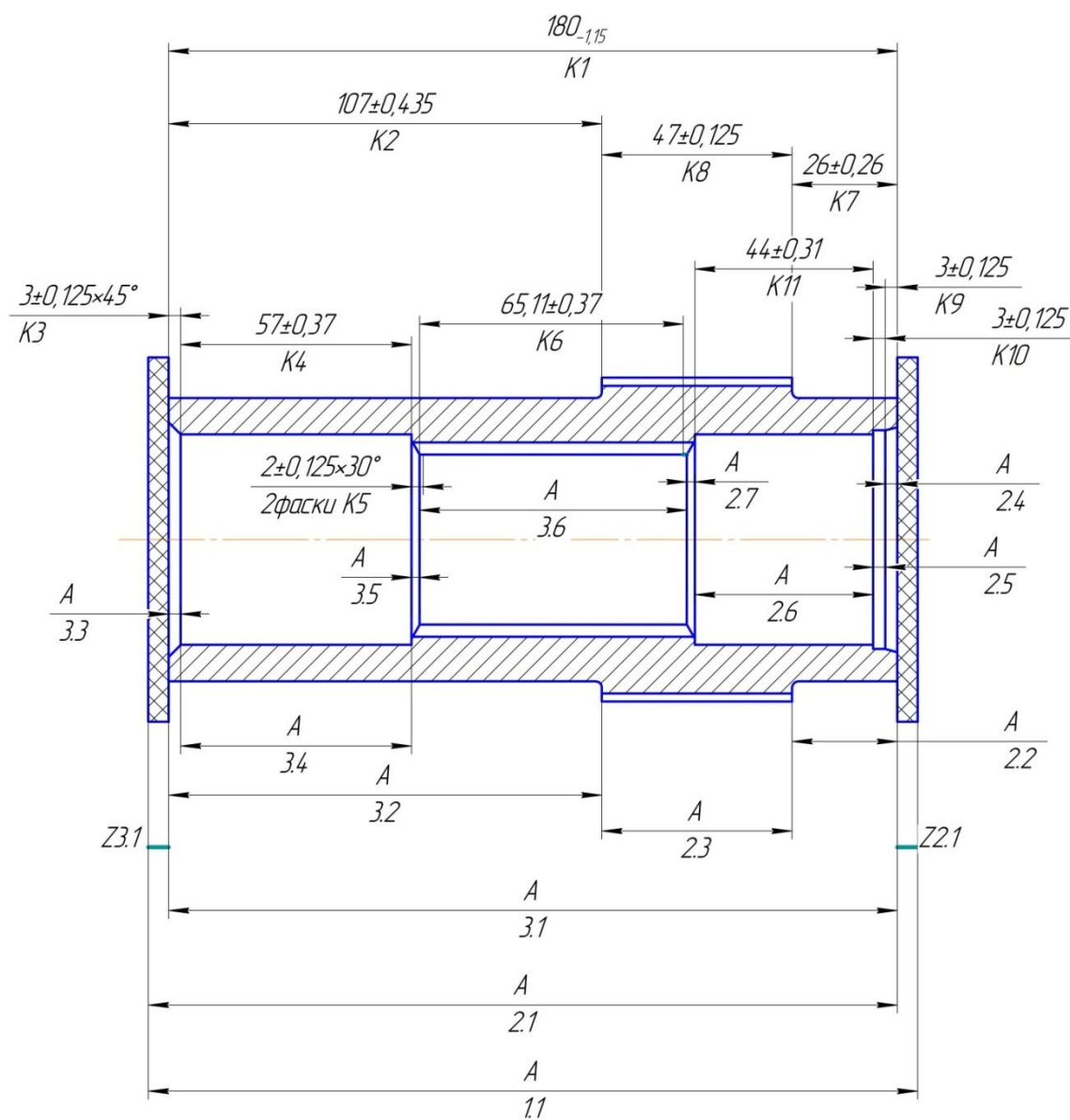


Рисунок 8 – Размерная схема.

Для расчета строится размерная схема технологического процесса изготовления вала в продольном направлении (рисунок 8) и граф технологических размерных цепей (рисунок 9), облегчающих их выявление.

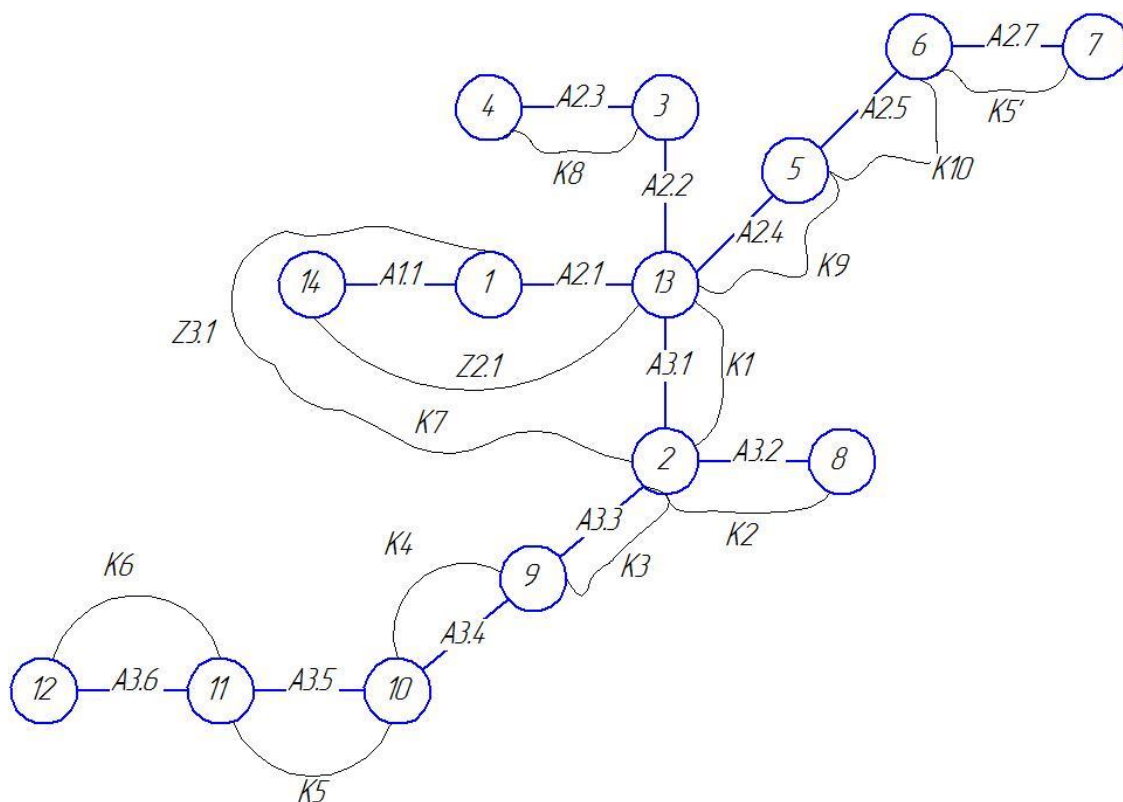


Рисунок 9 – Граф технологических размерных цепей, формирующихся при изготовлении вала (продольное направление).

Расчёт начинаем с проверки условия:

$$TK_i \geq \sum TA_i \quad (8)$$

Для размера K_1 (см. рисунок 10): $TK_1 = 1,15 \geq TA_{3,1} = 1,15 \geq 0,25$ мм, т. е. размер K_1 может быть обеспечен с заданной точностью.

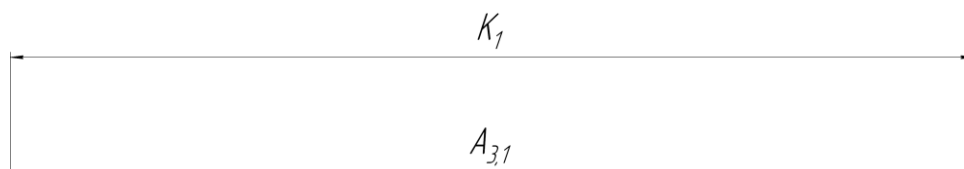


Рисунок 10 – Размерная схема для K_1

Для размера K_2 (см. рисунок 11): $TK_2 = 0,87 \geq TA_{3,2} = 0,2$ мм, размер K_2 может быть обеспечен с заданной точностью.

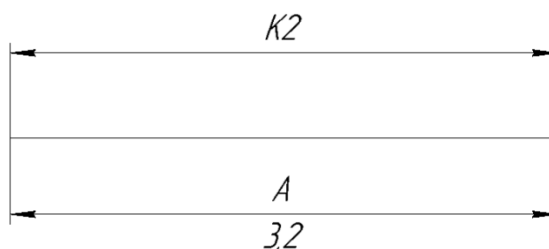


Рисунок 11 – Размерная схема для K_2

Для размера K_3 (см. рисунок 12): $TK_3 = 0,25 \geq TA_{3,3} = 0,2$ мм, размер K_3 может быть обеспечен с заданной точностью.

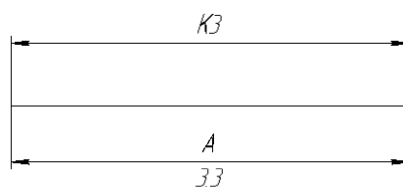


Рисунок 12 – Размерная схема для K_3

Для размера K_4 (см. рисунок 13): $TK_4 = 0,74 \geq TA_{3,4} = 0,2$ мм, размер K_4 может быть обеспечен с заданной точностью.

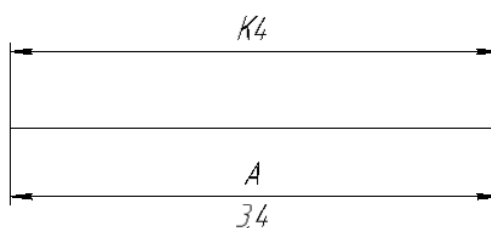


Рисунок 13 – Размерная схема для K_4

Для размера K_5 (см. рисунок 14): $TK_5 = 0,25 \geq TA_{3,5} = 0,2$ мм, размер K_5 может быть обеспечен с заданной точностью.

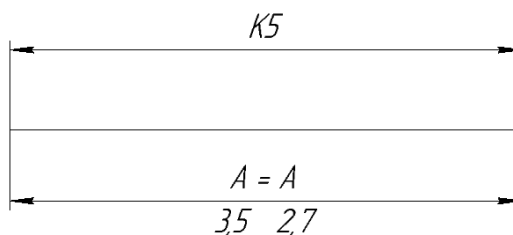


Рисунок 14 – Размерная схема для K_5

Для размера K_6 (см. рисунок 15): $TK_6 = 0,74 \geq TA_{3,6} = 0,2$ мм, размер K_6 может быть обеспечен с заданной точностью.

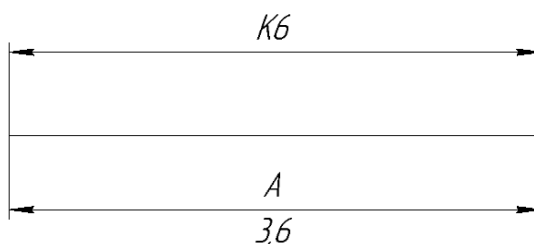


Рисунок 15 – Размерная схема для K_6

Для размера K_7 (см. рисунок 16): $TK_7 = 0,52 \geq TA_{2,2} = 0,2$ мм, размер K_7 может быть обеспечен с заданной точностью.

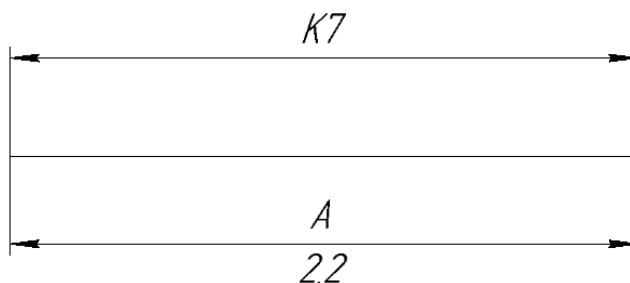


Рисунок 16 – Размерная схема для K_7

Для размера K_8 (см. рисунок 17): $TK_8 = 0,25 \geq TA_{2,3} = 0,2$ мм, размер K_8 может быть обеспечен с заданной точностью.

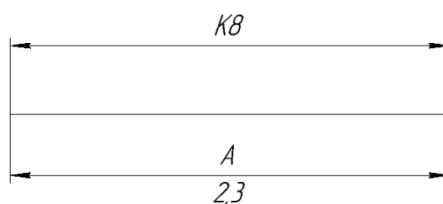


Рисунок 17 – Размерная схема для K_8

Для размера K_9 (см. рисунок 18): $TK_9 = 0,25 \geq TA_{2,4}=0,2\text{мм}$, размер K_9 может быть обеспечен с заданной точностью.

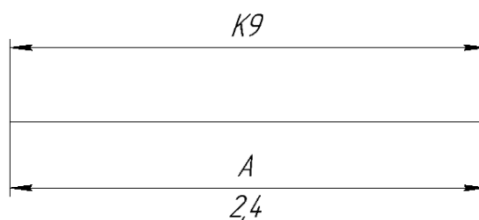


Рисунок 18 – Размерная схема для K_9

Для размера K_{10} (см. рисунок 19): $TK_{10} = 0,25 \geq TA_{2,5}=0,2\text{мм}$, размер K_{10} может быть обеспечен с заданной точностью.

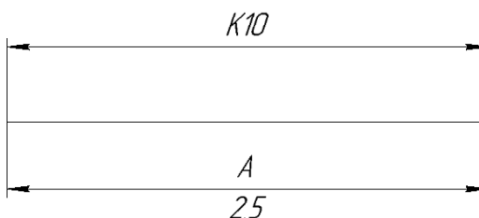


Рисунок 19 – Размерная схема для K_{10}

Для размера K_{11} (см. рисунок 20): $TK_{11} = 0,62 \geq TA_{2,6}=0,2\text{мм}$, размер K_{11} может быть обеспечен с заданной точностью.

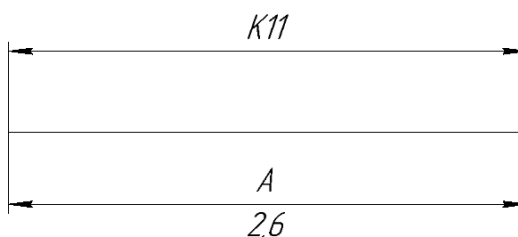


Рисунок 20 – Размерная схема для K_{11}

В ходе размерного анализа проверено, что выполняется условие обеспечения требуемой точности всех непосредственно не выдерживаемых конструкторских размеров. Построена размерная схема осевых размеров и граф технологических размерных цепей, из которых видно, что технологический процесс построен верно. Кроме того, в ходе размерного анализа технологического процесса были определены: размеры заготовки,

допуски на технологические размеры, минимальные припуски на обработку, диаметральные и осевые технологические размеры.

1.8 Выбор оборудования

1.8.1 Токарный станок с числовым программным управлением ROMI G50

Был осуществлен поиск нового оборудования в сети Интернет в ходе, которого был обнаружен токарный станок с числовым программным управлением ROMY G50 (рисунок 21) [9]. Произведя анализ и сравнение необходимых показателей, появилась возможность применения данного станка при изготовлении вала, то есть использование его в технологических процессах.

Компания Romi позиционируется на рынке как компания, выпускающая высокотехнологичную и качественную продукцию. Более 70 лет компания Romi является признанным лидером среди производителей механообрабатывающих станков, термопластавтоматов, оборудования для чугунолитейного производства, прецизионных сверлильных станков.

Станок предназначен для выполнения операций точения, сверления, фрезерования, нарезания резьбы. Он дополнительно оснащен устройством для измерения параметров инструмента, задней бабкой, двойной педалью управления гидравлическим патроном и задней бабкой, трёхцветным фонарём индикации состояния работы станка.



Рисунок 21 – Токарный станок с числовым программным управлением

Револьверная головка (рисунок 22) разработана для работы с нагруженными режимами резания, её конструкция характеризуется большой жесткостью и отличным поглощением вибраций. Головка обладает быстрым шаговым поворотом (индексацией) и точным позиционированием. На револьверной головке может размещаться до 12 токарных режущих инструментов с внутренней подачей СОЖ, причём охлаждающая жидкость подаётся через оправку и инструмент непосредственно к его режущей кромке. Поворот головки для выбора инструмента осуществляется в обоих направлениях, а её фиксация в рабочей позиции – гидравлическим приводом. Поворот и фиксация револьверной головки выполняется без осевого смещения дисковой платформы, благодаря чему её механизм надежно защищен от попадания стружки и СОЖ.

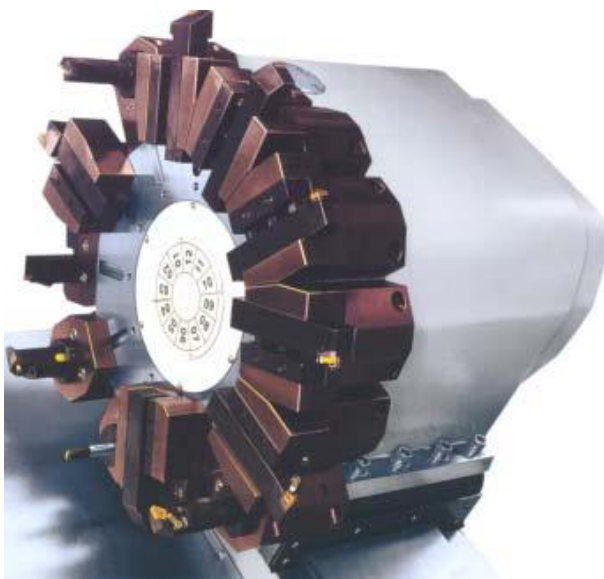


Рисунок 22 – Револьверная головка станка Romi G50

Применение данного оборудования с использованием новых твердосплавных пластин значительно уменьшает трудоемкость, исключает необходимость использования нескольких токарных станков на данной операции и снижает себестоимость изделия.

1.8.2 Круглошлифовальный станок

Модель TOS 3164BYA31/20 [11]

Основные данные:

Наибольшие размеры устанавливаемой заготовки:	
диаметр	200
Наибольший диаметр шлифования:	
наружного	8-180
внутреннего	25 – 50
Наибольшее перемещение стола от руки:	550
Пределы подач стола, мм/мин:	0,1-6
Наибольший диаметр шлифовального круга:	300
Число оборотов шлифовального круга при внутреннем шлифовании мин:	17200
Наибольшее перемещение шлифовальной бабки:	170
Угол поворота шлифовальной бабки, °:	90
Пределы периодической подачи шлифовальной бабки на один ход стола	0,002-0,038
Число оборотов шлифовального круга, мин:	2500
Мощность главного электродвигателя, кВт:	2,8
Габариты станка:	
длина	2000
ширина	1500
высота	1400
Масса, кг:	3000

1.8.3 Зубофрезерный станок ofa 75 cnc 6

Станок OFA75 CNC6 (рисунок 23) является зубофрезерным станком сконструированным для формообразования цилиндрических зубчатых колес с прямым и косым зубом, цепных колес, червячных передач формообразуемых радиальным и тангенциальным методами, шлицевые валы и другие типы зубчатых колес, получаемых при обработке червячной фрезой[10].



Рисунок 23 – Зубофрезерный станок OFA75 CNC6

Станок экономически выгодно применять как для серийного, мало-серийного, так и для единичного производства.

Новым в концепции станка OFA75 CNC6 по сравнению с более ранними версиями являются следующие особенности:

Станок имеет повышенные технические параметры, которые позволяют резать зубчатые колеса с тяжелыми параметрами резания и использовать новые технологии нарезания резьбы.

Станок имеет шесть управляемых осей, оснащенных отдельными электрическими приводами и системой позиционирования.

Электрическое оснащение, включая систему управления расположено в отдельном шкафу, расположенном у лицевой стороны станка.

Привод стола оснащен автоматической системой устранения зазоров через гидравлический толкаемый вторичный червяк.

Зажим головки червячной фрезы осуществляется посредством четырех блоков и набора Бельвилевских пружин. Блоки ослабляются посредством гидравлического цилиндра.

Конструкция инструмента решена с автоматическим устранением зазоров.

Основной привод размещен прямо на направляющих головки фрезы.

Рабочая зона закрыта ограждением, в том числе и сверху, для повышения эффективности системы отсоса масляного тумана.

Гидравлические блоки упрощены и сконструированы для уменьшения потребления электроэнергии. Направляющие имеют смазку от отдельного агрегата. Для устранения термических деформаций станок оборудован охлаждением масла.

1.8.4 Зубодолбежный станок

SYKES 450 H [12]

Основные данные:

Наибольший наружный диаметр нарезаемых колес	
диаметр	20-500
Наибольшая ширина нарезаемого колеса	100
Наибольшее перемещение долбяка от руки:	250
Наибольший модуль нарезаемого колеса	8
Число двойных ходов долбяка в минуту	65-450
Наибольший угол наклона винтового зуба, градус	23
Наименьшее и наибольшее расстояние от патрона до торца инструмента штосселя, мм	45-170
Мощность главного электродвигателя, кВт:	1,21
Габариты станка:	
длина	1200
ширина	850
высота	1200
Масса, кг:	2500

1.9 Расчет и назначение режимов обработки

Для внесения в операционные карты технологического процесса режимов резания по одному из переходов любой операции механической обработки производится расчет скорости резания, а по остальным операциям режимы резания назначаются по справочнику технолога или по общемашиностроительным нормативам режимов резания.

Расчет скорости резания выполняется по формулам теории резания. По расчетной скорости резания рассчитывается частота вращения шпинделя и по паспорту станка принимается ближайшее его значение для внесения в последствии в операционные карты. По рассчитанному значению частоты вращения шпинделя рассчитывается и принимаемая скорость резания.

По рассчитанным мощностям резания и подачи с учетом КПД коробок скоростей и подач рассчитываются требуемые мощности и сравниваются с мощностями двигателя выбранного станка.

Расчет скорости и мощности резания проводим для операции точение вала по наружи на токарном станке. В качестве режущего инструменты выбран резец со сменными пластинами из твердого сплава. Размеры пластины 32х32. Мощность электродвигателя станка $N=10,0$ кВт.

1.9.1. Токарная операция с числовым программным управлением: подрезка торца Ø90 мм

Материал режущего инструмента выбираем в соответствии с рекомендациями [4, с. 116] – T15K6.

1. Глубина резания: $t = Z^C = 0,796$ мм.
2. Подача по таблице 11 [4, с.266] для данной глубины резания:
 $s = 0,3$ мм/об
3. Скорость резания определяется по формуле:

$$V = \frac{C_V}{T^{m \cdot t^{x \cdot s \cdot y}}} \cdot K_V, \quad (9)$$

Период стойкости инструмента принимаем: $T=60$ мин.

Значения коэффициентов: $C_V = 340$; $m = 0,2$; $x = 0,15$; $y = 0,45$ – определены по таблице 17 [4, с.269].

Коэффициент K_V :

$$K_V = K_{MV} \cdot K_{ПВ} \cdot K_{ИВ}, \quad (10)$$

где K_{MV} – коэффициент, учитывающий качество обрабатываемого материала;

$K_{ПВ}$ – коэффициент, отражающий состояние поверхности заготовки;

$K_{ИВ}$ – коэффициент, учитывающий качество материала инструмента.

По табл. 1, 5, 6 [4, с.261]:

$$K_{MV} = K_{\Gamma} \left(\frac{750}{\sigma_B} \right)^{n_V}, \quad (11)$$

Значение коэффициента K_{Γ} и показатель степени n_V для материала инструмента из твердого сплава при обработке заготовки из стали 40Х берем из таблицы 2 [4, с.262]:

$$K_{\Gamma} = 1,0 \quad n_V = 1,0$$

$$K_{MV} = K_{\Gamma} \left(\frac{750}{600} \right)^{n_V} = 1,0 \cdot \left(\frac{750}{600} \right)^1 = 1,25$$

$$K_{MV} = 1,25; \quad K_{ПВ} = 0,9; \quad K_{ИВ} = 1,0.$$

$$K_V = K_{MV} \cdot K_{ПВ} \cdot K_{ИВ} = 1,25 \cdot 0,9 \cdot 1,0 = 1,125.$$

Скорость резания:

$$V = \frac{C_V}{T^m \cdot t^x \cdot S^y} \cdot K_V = \frac{340}{60^{0,2} \cdot 0,796^{0,15} \cdot 0,3^{0,45}} \cdot 1,125 = 300 \frac{\text{м}}{\text{мин}}.$$

4. Расчётное число оборотов шпинделя:

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot d} = \frac{1000 \cdot 300}{3,14 \cdot 90} = 1063 \frac{\text{об}}{\text{мин}}.$$

Принимаем фактическое число оборотов, с учетом типа станка:

$$n_{\text{ст}} = 1100 \text{ об/мин.}$$

5. Фактическая скорость резания:

$$V = \frac{\pi \cdot d \cdot n}{1000} = \frac{3,14 \cdot 90 \cdot 1100}{1000} = 310,86 \frac{\text{м}}{\text{мин}}.$$

6. Определяем главную составляющую силы резания по формуле:

$$P_z = 10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot S^y \cdot V^n \cdot K_p \quad (12)$$

Значения коэффициентов: $C_p = 300$; $n = -0,15$; $x = 1,0$; $y = 0,75$ – определены по таблице 22 [4, с.273].

Глубина резания в формуле: $t = Z_{\max} = 1,071$ мм.

Коэффициент K_p :

$$K_p = K_{MP} \cdot K_{\phi P} \cdot K_{\gamma P} \cdot K_{\lambda P} \cdot K_{rP} \quad (13)$$

Коэффициенты, входящие в формулу, учитывают фактические условия резания.

По таблице 9, 23 [4, с.264]:

$$K_{MP} = \left(\frac{\sigma_B}{750} \right)^n = \left(\frac{600}{750} \right)^{0,75} = 0,85.$$

$K_{MP} = 0,85$; $K_{\phi P} = 0,89$; $K_{\gamma P} = 1,0$; $K_{\lambda P} = 1,0$; $K_{rP} = 0,93$.

$K_p = K_{MP} \cdot K_{\phi P} \cdot K_{\gamma P} \cdot K_{\lambda P} \cdot K_{rP} = 0,85 \cdot 0,89 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 0,93 = 0,7$.

Главная составляющая силы резания:

$P_z = 10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot S^y \cdot V^n \cdot K_p = 10 \cdot 300 \cdot 1,071^1 \cdot 0,3^{0,75} \cdot 310,86^{-0,15} \cdot 0,7 = 385$ Н.

7. Мощность резания:

$$N = \frac{P_z \cdot V}{1020 \cdot 60} = \frac{385 \cdot 310,86}{1020 \cdot 60} = 1,96 \text{ кВт.}$$

8. Мощность привода главного движения:

$$N_{пр} = \frac{N}{\eta} = \frac{1,96}{0,75} = 2,61 \text{ кВт.}$$

Так как значение КПД привода нам неизвестно, то принимаем худший вариант $\eta = 0,75$.

Проверка по мощности:

$$N \leq N_{ст} \cdot \eta;$$

$$2,61 < 10$$

где $N_{ст}$ – мощность электродвигателя главного привода станка.

1.9.2 Токарная операция с числовым программным управлением: обтачивание поверхности Ø70 мм (предварительная)

Материал режущего инструмента выбираем в соответствии с рекомендациями [4, с. 116] – T15K6.

1. Глубина резания: $t = Z^C = 2,0$ мм.

2. Подача по таблице режущего инструмента Tungaloy:

$$s = 0,3 \text{ мм/об}$$

3. Скорость резания определяется по формуле:

$$V = \frac{C_V}{T^{m \cdot t^x \cdot s^y}} \cdot K_V, \quad (14)$$

Период стойкости инструмента принимаем: $T=60$ мин.

Значения коэффициентов: $C_V = 340$; $m = 0,2$; $x = 0,15$; $y = 0,45$ – определены по таблице 17 [4, с.269].

Коэффициент K_V :

$$K_V = K_{MV} \cdot K_{PV} \cdot K_{IV}, \quad (15)$$

где K_{MV} – коэффициент, учитывающий качество обрабатываемого материала;

K_{PV} – коэффициент, отражающий состояние поверхности заготовки;

K_{IV} – коэффициент, учитывающий качество материала инструмента.

По табл. 1, 5, 6 [4, с.261]:

$$K_{MV} = K_\Gamma \left(\frac{750}{\sigma_B} \right)^{N_V}, \quad (16)$$

Значение коэффициента K_Γ и показатель степени n_v для материала инструмента из твердого сплава при обработке заготовки из стали 40Х берем из таблицы 2 [4, с.262]:

$$K_\Gamma = 1,0 \quad n_V = 1,0$$

$$K_{MV} = K_\Gamma \left(\frac{750}{600} \right)^{N_V} = 1,0 \cdot \left(\frac{750}{600} \right)^1 = 1,25$$

$$K_{MV} = 1,25; \quad K_{PV} = 0,9; \quad K_{IV} = 1,0.$$

$$K_V = K_{MV} \cdot K_{PV} \cdot K_{IV} = 1,25 \cdot 0,9 \cdot 1,0 = 1,125.$$

Скорость резания:

$$V = \frac{C_V}{T^m \cdot t^x \cdot S^y} \cdot K_V = \frac{340}{60^{0,2} \cdot 2^{0,15} \cdot 1,0^{0,45}} \cdot 1,125 = 152 \frac{\text{м}}{\text{мин}}.$$

4. Расчётное число оборотов шпинделя:

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot d} = \frac{1000 \cdot 152}{3,14 \cdot 90} = 537 \frac{\text{об}}{\text{мин}}.$$

Принимаем фактическое число оборотов, с учетом типа станка:

$$n_{\text{ст}} = 540 \text{ об/мин.}$$

5. Фактическая скорость резания:

$$V = \frac{\pi \cdot d \cdot n}{1000} = \frac{3,14 \cdot 90 \cdot 540}{1000} = 152,6 \frac{\text{м}}{\text{мин}}.$$

6. Определяем главную составляющую силы резания по формуле:

$$P_z = 10 \cdot C_P \cdot t^x \cdot S^y \cdot V^n \cdot K_P$$

Значения коэффициентов: $C_P = 300$; $n = -0,15$; $x = 1,0$; $y = 0,75$ – определены по таблице 22 [4, с.273].

Глубина резания в формуле: $t = Z_{\text{max}} = 2,0 \text{ мм}$ (10 проходов).

Коэффициент K_P :

$$K_P = K_{MP} \cdot K_{\varphi P} \cdot K_{\gamma P} \cdot K_{\lambda P} \cdot K_{rP}$$

Коэффициенты, входящие в формулу, учитывают фактические условия резания.

По таблице 9, 23 [4, с.264]:

$$K_{MP} = \left(\frac{\sigma_B}{750} \right)^n = \left(\frac{600}{750} \right)^{0,75} = 0,85.$$

$$K_{MP} = 0,85; K_{\varphi P} = 0,89; K_{\gamma P} = 1,0; K_{\lambda P} = 1,0; K_{rP} = 0,93.$$

$$K_P = K_{MP} \cdot K_{\varphi P} \cdot K_{\gamma P} \cdot K_{\lambda P} \cdot K_{rP} = 0,85 \cdot 0,89 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 0,93 = 0,7.$$

Главная составляющая силы резания:

$$P_z = 10 \cdot C_P \cdot t^x \cdot S^y \cdot V^n \cdot K_P = 10 \cdot 300 \cdot 2,0^1 \cdot 1,0^{0,75} \cdot 152,6^{-0,15} \cdot 0,7 = 1975 \text{ Н.}$$

7. Мощность резания:

$$N = \frac{P_z \cdot V}{1020 \cdot 60} = \frac{1975 \cdot 152,6}{1020 \cdot 60} = 4,5 \text{ кВт.}$$

8. Мощность привода главного движения:

$$N_{\text{пр}} = \frac{N}{\eta} = \frac{4,5}{0,75} = 6,0 \text{ кВт.}$$

Так как КПД привода нам не известно, то принимаем худший вариант $\eta = 0,75$.

Проверка по мощности:

$$N \leq N_{\text{ст}} \cdot \eta;$$

$$6 < 10$$

где $N_{\text{ст}}$ – мощность электродвигателя главного привода станка.

Остальные режимы для чернового точения выбрать согласно каталога режущего инструмента Tungaloy [13]:

1. Для сверла диаметром 40 со сменными пластинами составляет
Обороты $S=500-800 \text{ мин}^{-1}$, скорость резания $V=100 \text{ м/мин}$, подача $F=0,05-0.1 \text{ мм/об}$
2. Для расточки внутреннего диаметра пластиной WNMG составляет
Обороты $S=500-1000 \text{ мин}^{-1}$, скорость резания $V=100-200 \text{ м/мин}$, подача $F=0.1-0.3 \text{ мм/об}$, глубина $t=0.8-3 \text{ мм}$
3. Для обработки наружного диаметра пластиной WNMG составляет
Обороты $S=500-1000 \text{ мин}^{-1}$, скорость резания $V=100-200 \text{ м/мин}$, подача $F=0.1-0.3 \text{ мм/об}$, глубина $t=0.8-3 \text{ мм}$

1.9.3 Шлифовальная операция: шлифование поверхности Ø70 мм

Выбираем шлифовальный круг на основе электрокорунда белого:
ПВ 250×10×32 45А 25 СМ1 К5 ГОСТ 2424-83.

Стойкость инструмента $T=7 \text{ мин.}$

1. По выбранному диаметру круга и паспортным данным станка определяем скорость вращения круга:

$$V_K = \frac{\pi \cdot D_K \cdot n_K}{1000 \cdot 60}, \quad (17)$$

где D_K - диаметр круга; n_K - частота вращения шпинделя.

Тогда:

$$V_K = \frac{3,14 \cdot 250 \cdot 2500}{1000 \cdot 60} = 32,71 \frac{\text{м}}{\text{с}}.$$

2. Скорость детали принимаем в соответствии с рекомендациями, приведенными в таблице 55 [4, с. 301]: $V_{\text{заг}} = 30$ м/мин.

$$n_3 = \frac{1000 \cdot V_3}{\pi \cdot D_3} = \frac{1000 \cdot 30}{3,14 \cdot 70} = 136,5 \frac{\text{об}}{\text{мин}}.$$

Принимаем $n_3 = 150$ об/мин, тогда:

$$V_3 = \frac{\pi \cdot D_3 \cdot n}{1000} = \frac{3,14 \cdot 70 \cdot 150}{1000} = 32,97 \frac{\text{м}}{\text{мин}}.$$

3. Глубину резания выбираем по таблице 55 [4, с. 301]: $t = 0,01$

4. Продольную подачу выбираем по таблице 162 [4, с. 345]: $s = 2,5$ мм.

5. Эффективная мощность, кВт, при шлифовании периферией круга:

$$N = C_N \cdot V_3^r \cdot t^x \cdot s^y \cdot b^z, \quad (18)$$

где d – диаметр шлифования; значения коэффициента C_N и показателей степени по таблице 56 [4, стр. 303].

$$C_N = 2,2; r = 0,5; x = 0,5; y = 0,55; z = 0.$$

Тогда:

$$N = C_N \cdot V_3^r \cdot t^x \cdot s^y = 2,2 \cdot 32,97^{0,5} \cdot 0,01^{0,5} \cdot 0,26^{0,55} = 0,6 \text{ кВт}$$

Проверка по мощности:

$$N \leq N_{\text{ст}} \cdot \eta$$

где: $N_{\text{ст}} = 2,8$ кВт – мощность главного электродвигателя в кВт;

$\eta = 0,9$ – КПД привода.

$$0,6 < 2,52.$$

1.9.4 Зубофрезерная операция фрезеровка зубьев

Параметры зубчатого венца: модуль $m = 2$; число зубьев $z = 38$; зуб прямой; ширина зубчатого венца $B = 47$.

Рассчитаем длину рабочего хода по формуле:

$$L_{\text{р.х.}} = B + l_{\text{вр}} + l_{\text{пер}} \quad (19)$$

где: B – ширина или длина зубьев

$l_{\text{вр}}$ – длина врезания 9 мм

$l_{\text{пер}}$ – длина перебега 5 мм

Тогда:

$$L_{p.x.} = B + l_{ep} + l_{nep} = 47 + 9 + 5 = 61 \text{ мм}$$

Расчет подачи:

$$S_0 = S_{0табл} \cdot K_s \cdot \cos \beta \quad (20)$$

где: K_s - поправочный коэффициент, $K_s = 1$;

$S_{0табл}$ для модуля 2 $S_{0табл} = 2,5 \text{ мм/об}$

Тогда:

$$S_0 = S_{0табл} \cdot K_s \cdot \cos \beta = 2,5 \cdot 1 \cdot \cos 0 = 2,5 \text{ мм/об}$$

Рекомендуемая стойкость фрезы $T = 240 \text{ мин.}$

Определяем скорость резания $V_{табл} = 60 \text{ м/мин.}$

Находим действительную скорость резания по формуле:

$$V = V_{табл} \cdot K_1 \cdot K_2, \quad (21)$$

где K_1 - коэффициент. Зависящий от обрабатываемого материала;

K_2 - коэффициент, зависящий от стойкости фрезы.

$$V = 60 \cdot 1 \cdot 1.1 = 66 \text{ м/мин}$$

Определяем частоту вращения шпинделя станка по формуле:

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot D},$$

где D - диаметр червячной фрезы, мм;

V - скорость резания, м/мин.

$$n = \frac{1000 \cdot 66}{3,14 \cdot 80} = 263 \text{ об/мин}$$

Принимаем по паспорту станка, $n = 250 \text{ об/мин.}$

Рассчитываем действительную скорость резания по формуле:

$$V_d = \frac{\pi \cdot D \cdot n}{1000} = \frac{3,14 \cdot 80 \cdot 250}{1000} = 62,8 \text{ м/мин}$$

Минутная подача станка равна по формуле:

$$S_{\text{мин}} = S \cdot n = 2,43 \cdot 250 = 607,5 \frac{\text{мм}}{\text{мин}}$$

Мощность резания при нарезании зубьев червячной фрезой. кВт определяем по формуле:

$$N = 10^{-3} \cdot C_N \cdot S^{y_N} \cdot m^{x_N} \cdot D^{u_N} \cdot z^{g_N} \cdot V \cdot K_N \quad (22)$$

где C_N и K_N - поправочные коэффициенты;

D - наружный диаметр инструмента. мм;

V - скорость резания, м/мин;

X_N, Y_N, U_N, g_N - показатели степени.

Для стали 40X $C_N = 124, K_N = 1, X_N = 1; Y_N = 0,9; U_N = -1; g_N = 0$.

Подставим найденные значения в формулу, и определим мощность резания.

$$N = 10^{-3} \cdot 124 \cdot 2,5^{0,9} \cdot 2^1 \cdot 80^{-1} \cdot 38^0 \cdot 62,8 \cdot 1 = 1 \text{ кВт}$$

Мощность шпинделя станка по формуле:

$$N_{\text{шп}} = N_{\text{дв}} \cdot \eta = 7,5 \cdot 0,75 = 5,6 \text{ кВт}$$

1.9.5 зубодолбежная операция долбежка зубьев

Для зубодолбления цилиндрического колеса принимаем дисковый прямозубый долбяк модуля 3 тип 1 ГОСТ 9323-79 из быстрорежущей стали Р6М5.

1. Число зубьев $Z=8$
2. Модуль

$$m = \frac{D-d_r}{2}. \quad (23)$$

где d_r -внутренний диаметр 42мм

D-внешний диаметр 48мм

Тогда:

$$m = \frac{D-d_r}{2} = \frac{48-42}{2} = 3\text{мм}$$

3. С учетом поправочных коэффициентов $K_{ms}=1$ и паспортных данных станка принимаем $S=0,25$ мм/ дв.ход.

4. Радиальная подача.

$$S_p=(0,1\dots 0,3)\times S \quad (24)$$

$$S_p=(0,1\dots 0,3)\times 0,25=0,025\dots 0,075 \text{ мм/дв.ход.}$$

С учетом паспортных данных станка принимаем

$$S_p=0,036 \text{ мм/дв.ход.}$$

5. Период стойкости долбяка для чистовой обработки $T=240$ мин.

6. Скорость резания, допускаемая режущими свойствами инструмента. Для чистовой обработки по сплошному металлу, круговой подаче $S=0,25$ мм/дв.ход и модуле до 4 мм

$$V=20,5 \text{ м/мин.}$$

С учетом поправочных коэффициентов $K_{mv}=1$; $K_{bv}=1$

$$V_p=V \times K_{mv} \times K_{bv}=20,5 \text{ м/мин.}$$

Число двойных ходов ходов долбяка в минуту , соответствующее найденной скорости резания,

$$K = \frac{1000 \cdot V_p}{2 \cdot L}, \quad (25)$$

где L – величина хода долбяка, мм

$$L=b+l_1=70+8=78 \text{ мм,}$$

где l_1 – перебег долбяка на две стороны.

При ширине венца до 70 мм $l_1=8$ мм,

$$K = \frac{1000 \cdot V_p}{2 \cdot (b + l_1)} = \frac{1000 \cdot 20,5}{2(70+8)} = 131,4 \text{ мм/дв.ход}$$

В соответствии с паспортными данными принимаем

$$K_d = 200 \text{ мм/дв.ход.}$$

Действительная скорость резания

$$V_d = \frac{2 \cdot L \cdot K_d}{1000} \quad (26)$$

$$V_d = \frac{2 \cdot L \cdot K_d}{1000} = \frac{2 \cdot 78 \cdot 200}{1000} = 31,2 \text{ м/мин}$$

7. Проверка достаточности мощности станка

Мощность, затрачиваемая на резание

При чистовой обработке по сплошному металлу для данных условий обработки $N=1,1$ кВт ,

С учетом поправочных коэффициентов $K_{MN}=1$; $K_{bN}=1$; $K_{ZN}=1,1$

$$N_p = N \times K_{MN} \times K_{bN} \times K_{ZN} = 1,1 \times 1 \times 1 \times 1,1 = 1,21 \text{ кВт.}$$

7.1 Мощность на шпинделе станка

$$N_{ш} = N_d \times h \text{ кВт,}$$

где $N_d=3$ кВт; $h=0,65$ – паспортные данные станка

$$N_{ш} = 3 \times 0,65 = 1,95 \text{ кВт.}$$

Так как $N_{ш}=1,95 \text{ кВт} > N_p=1,21 \text{ кВт}$, то обработка возможна.

1.10 Нормирование операций технологического процесса.

Токарная операция с числовым программным управлением – 1:

переход 1 – подрезка торца:

$$t_o = \frac{(l + l_{\text{вр}} + l_{\text{пер}} + l_{\text{подв}}) \cdot i}{S \cdot n}, \quad (27)$$

где l – длина обрабатываемой поверхности, мм;

$l_{\text{вр}} = t \cdot \text{ctg} \varphi$ – длина врезания инструмента в заготовку, мм;

$l_{\text{пер}}$ – длина перебега инструмента, мм;

$l_{\text{подв}}$ – длина подвода инструмента к заготовке, мм ($1 \div 3$ мм);

i – число рабочих ходов;

$S_m = S \cdot n$ минутная подача, мм/мин.

Для твердосплавных пластин WNMG угол равен 80°

$$t_o = \frac{(l + l_{\text{вр}} + l_{\text{пер}} + l_{\text{подв}}) \cdot i}{S \cdot n} = \frac{(45 + 1,071 \cdot \text{ctg} 80^\circ + 1 + 1) \cdot 1}{0,7 \cdot 1100} = 0,061 \text{ мин.}$$

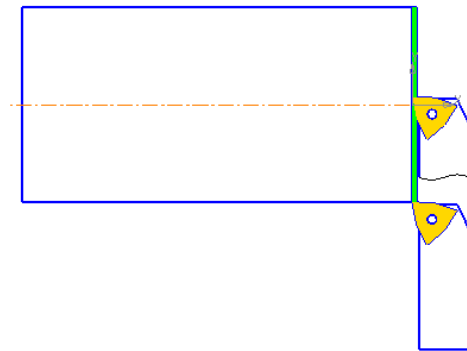


Рисунок 24 – Подрезка торца

переход 2 – точить шейку $\varnothing 70$ мм (начерно).

$$t_o = \frac{(l + l_{\text{вр}} + l_{\text{пер}} + l_{\text{подв}}) \cdot i}{S \cdot n} = \frac{(107 + 2/\text{tg} 90^\circ + 0 + 1) \cdot 10}{1 \cdot 540} = 1,94 \text{ мин.}$$

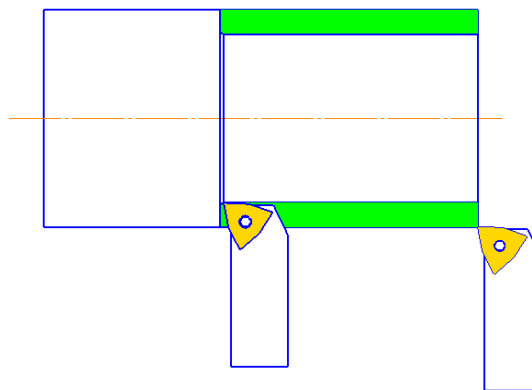


Рисунок 25 – Обработка шейки $\varnothing 70$ мм (начерно)

переход 3 – сверлить Ø40 мм.

$$t_o = \frac{l}{S \cdot n} = \frac{180}{0,1 \cdot 500} = 3,6 \text{ мин.}$$

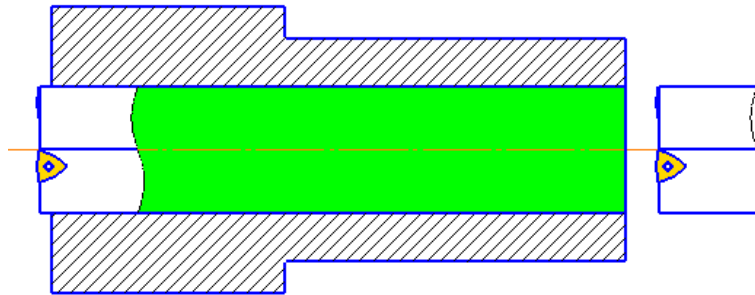


Рисунок 26 – Сверление отверстия Ø40 мм

переход 4 – расточить шейку Ø42 мм (начерно и начисто).

$$\begin{aligned} t_o &= \frac{(l + l_{\text{вр}} + l_{\text{пер}} + l_{\text{подв}}) \cdot i}{S \cdot n} \\ &= \frac{(130 + 0,5/\text{tg}90^\circ + 0 + 1) \cdot 1}{0,3 \cdot 600} + \frac{(130 + 0,25/\text{tg}90^\circ + 0 + 1) \cdot 2}{0,15 \cdot 1000} \\ &= 2,46 \text{ мин.} \end{aligned}$$

переход 5 – расточить шейку Ø52 мм (начерно и начисто).

$$\begin{aligned} t_o &= \frac{(l + l_{\text{вр}} + l_{\text{пер}} + l_{\text{подв}}) \cdot i}{S \cdot n} \\ &= \frac{(60 + 2/\text{tg}90^\circ + 0 + 1) \cdot 1}{0,3 \cdot 600} + \frac{(60 + 0,25/\text{tg}90^\circ + 0 + 1) \cdot 2}{0,15 \cdot 1000} = 1,13 \text{ мин.} \\ t_{\text{шпу}} &= 0,061 + 1,94 + 2,46 + 1,13 = 5,591 \text{ мин} \end{aligned}$$

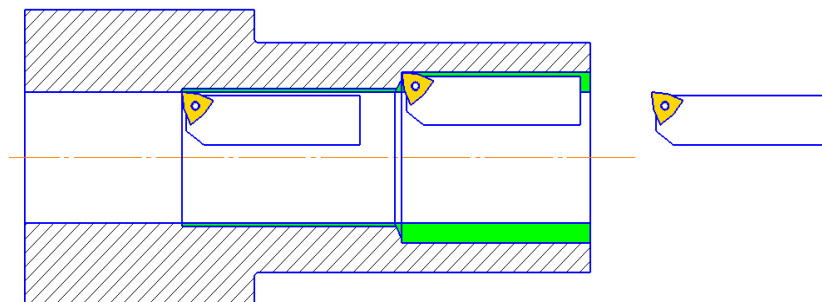


Рисунок 27 – Расточка Ø42 мм (начерно и начисто)

Токарная операция с числовым программным управлением – 2:

переход 1 – подрезка торца:

$$t_o = \frac{(l + l_{\text{вр}} + l_{\text{пер}} + l_{\text{подв}}) \cdot i}{S \cdot n},$$

где l – длина обрабатываемой поверхности, мм;

$l_{\text{вр}} = t \cdot \text{ctg} \varphi$ – длина врезания инструмента в заготовку, мм;

$l_{\text{пер}}$ – длина перебега инструмента, мм;

$l_{\text{подв}}$ – длина подвода инструмента к заготовке, мм ($1 \div 3$ мм);

i – число рабочих ходов;

$S_m = S \cdot n$ минутная подача, мм/мин.

Для твердосплавных пластин WNMG угол равен 80° [13]

$$\begin{aligned} t_o &= \frac{(l + l_{\text{вр}} + l_{\text{пер}} + l_{\text{подв}}) \cdot i}{S \cdot n} = \frac{(45 + 1,071 \cdot \text{ctg} 80^\circ + 1 + 1) \cdot 1}{0,7 \cdot 1100} \\ &= 0,061 \text{ мин.} \end{aligned}$$

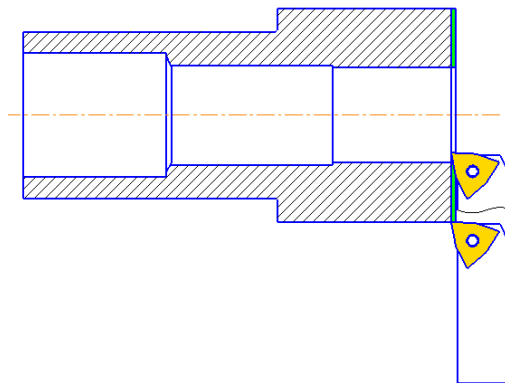


Рисунок 28 – Подрезка торца

переход 2 – точить шейку $\varnothing 79,6$ мм (начерно).

$$t_o = \frac{(l + l_{\text{вр}} + l_{\text{пер}} + l_{\text{подв}}) \cdot i}{S \cdot n} = \frac{(73 + 2/\text{tg} 90^\circ + 0 + 1) \cdot 3}{0,3 \cdot 800} = 0,89 \text{ мин.}$$

переход 3 – точить шейку $\varnothing 70$ мм (начерно).

$$t_o = \frac{(l + l_{\text{вр}} + l_{\text{пер}} + l_{\text{подв}}) \cdot i}{S \cdot n} = \frac{(26 + 2/\text{tg} 90^\circ + 0 + 1) \cdot 5}{0,3 \cdot 800} = 0,5 \text{ мин.}$$

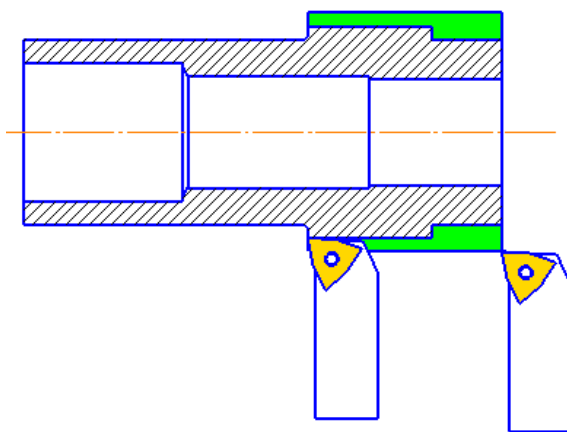


Рисунок 29 – Обработка поверхности Ø79,6 мм (начерно)

переход 4 – расточить шейку Ø52 мм (начерно и начисто).

$$t_o = \frac{(l + l_{вр} + l_{пер} + l_{подв}) \cdot i}{S \cdot n} = \frac{(50 + 2/tg90^0 + 0 + 1) \cdot 6}{0,2 \cdot 800} = 1,8 \text{ мин.}$$

переход 5 – расточить шейку Ø54 мм (начерно и начисто).

$$t_o = \frac{(l + l_{вр} + l_{пер} + l_{подв}) \cdot i}{S \cdot n} = \frac{(6 + 2/tg90^0 + 0 + 1) \cdot 1}{0,2 \cdot 800} = 0,025 \text{ мин.}$$

$$t_{цпу2} = 0,061 + 0,89 + 0,5 + 1,8 + 0,025 = 3,276 \text{ мин}$$

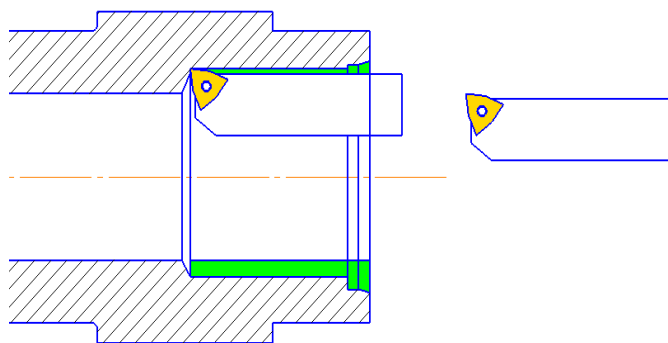


Рисунок 30 – Расточка поверхности Ø52 мм (начерно и начисто).

Основное время для круглошлифовальной операции:

Основное время круглошлифовальной операции определяется по формуле:

$$t_o = \frac{L}{S_B \cdot B_K \cdot n_d} i \cdot K, \text{ мин.} \quad (28)$$

где z – припуск на сторону, мм;

K – коэффициент учитывающий время выхаживания;

Принимают для чистового шлифования: $K = 1,25 \dots 1,5$;

n_d - частота вращения детали, об/мин;

переход 1: – шлифовать шейку вала $\varnothing 70$ мм.

$$i = \frac{a}{S_{2X}} = \frac{0,25}{0,0031} = 81;$$
$$t_o = \frac{L}{S_B \cdot B_K \cdot n_d} i \cdot K = \frac{107 \cdot 81 \cdot 1,5}{0,26 \cdot 32 \cdot 150} = 10,4 \text{ мин}$$

переход 2: – шлифовать шейку вала $\varnothing 70$ мм.

$$i = \frac{a}{S_{2X}} = \frac{0,25}{0,0031} = 81;$$
$$t_o = \frac{L}{S_B \cdot B_K \cdot n_d} i \cdot K = \frac{26 \cdot 81 \cdot 1,5}{0,26 \cdot 32 \cdot 150} = 2,32 \text{ мин}$$
$$\sum t_o = 10,4 + 2,32 = 12,72 \text{ мин}$$

Основное время при зубодолбежной операции:

Основное время зубодолбежной операции определяется по формуле:

$$t_0 = \frac{\pi \cdot m \cdot Z}{K_{\partial S}} i + \frac{h}{K_{\partial S_p}}, \quad (29)$$

где i – число проходов

$$t_0 = \frac{\pi \cdot m \cdot Z}{K_{\partial S}} i + \frac{h}{K_{\partial S_p}} = \frac{3,14 \cdot 3 \cdot 8}{200 \cdot 0,25} \cdot 1 + \frac{2,2 \cdot 3}{200 \cdot 0,036} = 2,4 \text{ мин}$$

Основное время для зубофрезерной операции:

Основное время зубофрезерной операции определяется по формуле:

$$t_o = \frac{Lz}{K \cdot S_0 \cdot n_{\phi}}, \text{ мин}, \quad (30)$$

где z – количество зубцов;

K – число заходов фрезы;

Принимают для чистового шлифования: $K = 2$;

n_{ϕ} - частота вращения фрезы, об/мин;

переход 1: – фрезеровать шлицы наружные.

$$t_o = \frac{Lz}{K \cdot S_0 \cdot n_\phi} = \frac{47 \cdot 38}{2 \cdot 2,5 \cdot 250} = 1,43 \text{ мин}$$

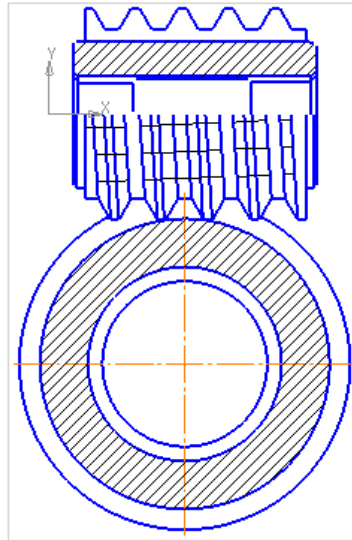


Рисунок 31 – Обработка зуба

Расчет вспомогательного времени:

Вспомогательное время для операции будет складываться из времени на установку и снятие детали, управление станком, измерение детали.

Вспомогательное и подготовительно-заключительное время для всех операций, для мелкосерийного производства определяем по общемашиностроительным нормативам.

Суммарное время технического обслуживания, перерывов и организационного обслуживания (α , β , γ) в процентах от оперативного - 8%.

Определенное по нормативам вспомогательное, подготовительно-заключительное время, а также рассчитанное штучное и штучно-калькуляционное время сведены в таблицу 10.

Вспомогательное и основное время в таблице 10 просуммировано для всех переходов каждой операции.

Определим штучное время по формуле:

$$T_{um} = (t_o + t_{всн}) \left(1 + \frac{\alpha + \beta + \gamma}{100}\right) \quad (31)$$

Определим штучно-калькуляционное время по формуле:

$$T_{шт.к.} = T_{шт} + T_{п.з.}/n \quad (32)$$

где, Тшт – штучное время, мин

to – основное время обработки, мин

tвсп – вспомогательное время, мин

α, β, γ - время технического обслуживания, перерывов и организационного обслуживания., в процентах от оперативного времени

Тшт.к – штучно-калькуляционное время, мин

Тп.з - подготовительно-заключительное время, мин

Таблица 10 Нормы времени

№ операции	Операция	Нормы времени, мин				
		Σt_o	$\Sigma t_{всп}$	Тп.з,	Тшт	Тшт.к
010	Токарная ЧПУ	5,591	1,5	1,7	7,65	8
015	Токарная ЧПУ	3,276	1,5	1,7	5,16	6
020	Зубофрезерная	1,43	1,1	0,9	2,7	3
025	Зубодолбежная	2,4	0,5	0,8	3,13	3,4
035	Шлифовальная	12,72	1,2	2,1	15,03	15,5

итого трудоемкость Тшт= 33,67мин

Тшт.к.= 35,9мин

1.11 Техничко-экономическое обоснование и показатели технологического процесса

Приведем расчеты затрат на токарную с числовым программным управлением операцию 010

$$З = C + E_n(K_c + K_{зд}), \quad (33)$$

где C –технологическая себестоимость, руб;

$$C = (C_3 + C_{эксп})t_{шт}/60, \quad (34)$$

E_n – коэффициент экономической эффективности капитальных вложений ($E_n=0,5$)

$K_c, K_{зд}$ – удельные капитальные вложения в станок и здание соответственно.

Расчет основной и дополнительной зарплаты выполняем по формуле:

$$C_3 = C_ч \times K_д \times Z_н \times K_{ОМ} = 100 \times 1,7 \times 1 \times 1 = 170 \text{ Руб/час},$$

где $C_ч$ – часовая тарифная ставка рабочего, Руб/час; (100 Руб/час)

$K_д$ – коэффициент, учитывающий дополнительную зарплату и начисления ($K_д = 1,7$);

$Z_н$ – коэффициент, учитывающий оплату наладчика ($Z_н = 1,0$);

$K_{ОМ}$ – коэффициент, учитывающий оплату рабочего при многочисленном обслуживании ($K_{ОМ} = 1,0$);

Расчет часовых затрат по эксплуатации рабочего места выполняем по формуле:

$$C_{ЭКСП} = C_{чЗ} \times K_М = 100 \text{ Руб/ч}, \quad (35)$$

где $C_{чЗ}$ – часовые затраты на базовом рабочем месте, Руб/ч;

$K_М$ – коэффициент, показывающий, во сколько раз затраты, связанные с работой данного станка, больше, чем аналогичные работы базового станка

Удельные капитальные вложения в станок рассчитываем по формуле

$$K_С = \frac{Ц_С \cdot K_М \cdot C_П}{N} = \frac{480000 \cdot 1,1 \cdot 1}{1500} = 352,$$

где $Ц_С$ – отпускная цена станка, руб; (принимая 480000 руб)

$K_М$ – коэффициент, учитывающий затраты на транспорт и монтаж ($K_М = 1,1$);

$C_П$ – принятое число станков на операцию ($C_П = 1,0$);

N – годовой объем выпуска деталей.

Удельные капитальные вложения в здание рассчитываем по формуле:

$$K_{ЗД} = \frac{C_{ПЛ} \cdot П_С \cdot C_П}{N} = \frac{55000 \cdot 10 \cdot 1}{1500} = 366,7 \text{ руб},$$

где $C_{ПЛ}$ – стоимость 1 м² производственной площади

($C_{ПЛ} = 55000$ руб), руб/м²;

$П_С$ – площадь, занимаемая станком с учетом проходов, ($П_С = 10 \text{ м}^2$);

$C_П$ – принятое число станков на операцию ($C_П = 1,0$)

Занимаемую станком площадь определяем по формуле:

$$П_С = f \times K_С = 10 \text{ м}^2, \quad (36)$$

где $f=8,9$ - площадь станка в плане, m^2 ;

K_C – коэффициент, учитывающий дополнительную производственную площадь ($K_C=3,2$)

$$C=(C_3+C_{ЭКСП})t_{шт}/60=(170+100)\times 7,65 /60=34,425 \text{ руб},$$

$$З=C+E_H(K_C+K_{ЗД})=34,425+0,5(352+366,7)=393,8 \text{ руб}.$$

Расчет приведенных затрат сводим в таблицу. Для остальных операций приведенные затраты рассчитаны и также сведены в таблицу 11.

Таблица 11 Расчет приведенных затрат

Операции	Модель станка	$T_{шт}$, мин	C_3 , руб	$C_{ЭКСП}$, руб	K_C , руб	$K_{ЗД}$, руб	C , руб
010	ROMI G50	7,65	170	100	352	366,7	34,425
015	ROMI G50	5,61	170	100	352	366,7	25,245
020	OFA75CNC6	2,7	170	100	308	990	12,15
0,25	SYKES 450 H	3,13	170	100	211,2	220	14,085
0,35	3164BYA31/20	15,03	170	100	372	386	67,635

С целью правильного и рационального выбора оборудования определяют наряду с другими технико-экономическими показателями критерии, показывающие степень использования каждого станка в отдельности и всех вместе по разработанному технологическому процессу.[1, стр. 114]

Для каждого станка рассчитаем коэффициент загрузки, и коэффициент использования станка по основному времени.

Коэффициент загрузки станка η_3 определяется как отношение расчетного количества станков m_p , занятых на данной операции процесса, к принятому (фактическому):

$$m_{пр}: \eta_3 = m_p / m_{пр} \quad (37)$$

Токарная с числовым программным управлением 010:

$$m_{пр}=1, m_p=T_{шт}/T_{в}=7,65/161,16=0,05$$

$$\eta_3 = m_p / m_{пр} = (0,05/1)100=5 \%$$

Токарная с числовым программным управлением 015:

$$m_{пр}=1, m_p=T_{шт}/T_{в}=5,61/161,16=0,035$$

$$\eta_3 = m_p / m_{пр} = (0,035/1)100 = 3,5 \%$$

$$\text{Зубофрезерная 020: } m_{пр} = 1, m_p = T_{шт} / T_v = 2,7/161,16 = 0,017$$

$$\eta_3 = m_p / m_{пр} = (0,017/1)100 = 1,7 \%$$

$$\text{Зубодолбежная 025: } m_{пр} = 1, m_p = T_{шт} / T_v = 3,13/161,16 = 0,02$$

$$\eta_3 = m_p / m_{пр} = (0,017/1)100 = 2 \%$$

$$\text{Шлифовальная 035: } m_{пр} = 1, m_p = T_{шт} / T_v = 15,03/161,16 = 0,09$$

$$\eta_3 = m_p / m_{пр} = (0,09/1)100 = 9 \%$$

$T_v = 161,16$ мин - такт выпуска, определен во 2-м пункте пояснительной записки.

m_p – расчетное количество станков; определено как отношение штучного времени на данной операции к такту выпуска:

$$m_p = T_{шт} / T_v. \quad (38)$$

Коэффициент использования оборудования по основному (технологическому) времени η_o свидетельствует о доле машинного времени в общем времени работы станка.

Он определяется как отношение основного времени к штучному времени:

$$\eta_o = T_o / T_{шт} \quad (39)$$

Токарная с числовым программным управлением 010:

$$\eta_o = (T_o / T_{шт})100 = 73,1\%$$

Токарная с числовым программным управлением 015:

$$\eta_o = (T_o / T_{шт})100 = 58,4 \%$$

$$\text{Зубофрезерная 020: } \eta_o = (T_o / T_{шт})100 = 52,9 \%$$

$$\text{Зубодолбежная 025: } \eta_o = (T_o / T_{шт})100 = 76,7 \%$$

$$\text{Шлифовальная 035: } \eta_o = (T_o / T_{шт})100 = 84,6 \%$$

Использование станков по мощности привода характеризуется коэффициентом использования оборудования η_m , который представляет собой отношение необходимой мощности на приводе станка $N_{пр}$ к мощности установленного электродвигателя $N_{ст}$:

$$\eta_m = N_{пр} / N_{ст} \quad (40)$$

Токарная с числовым программным управлением 010:

$$\eta_m = (N_{\text{пр}} / N_{\text{ст}}) 100 = (6/10) \times 100 = 60 \%$$

Токарная с числовым программным управлением 015:

$$\eta_m = (N_{\text{пр}} / N_{\text{ст}}) 100 = (4,6/10) \times 100 = 46 \%$$

Зубофрезерная 020: $\eta_m = (N_{\text{пр}} / N_{\text{ст}}) 100 = (5,6/8) \times 100 = 70 \%$

Зубодолбежная 025: $\eta_m = (N_{\text{пр}} / N_{\text{ст}}) 100 = (2,44/11) \times 100 = 62,1 \%$

Шлифовальная 035: $\eta_m = (N_{\text{пр}} / N_{\text{ст}}) 100 = (0,6/2,8) \times 100 = 21,4 \%$

По результатам расчетов степеней использования станков по трем критериям построены графики см. рисунок 32

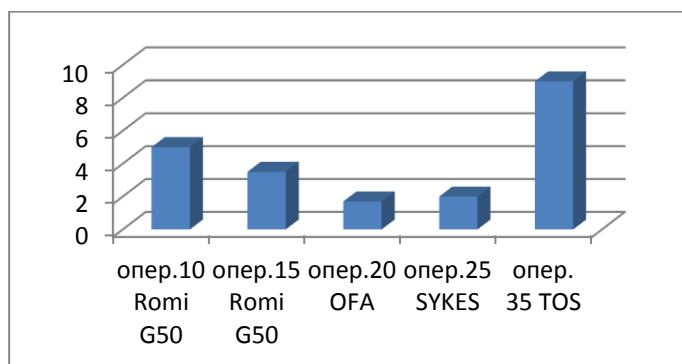


График загрузки оборудования

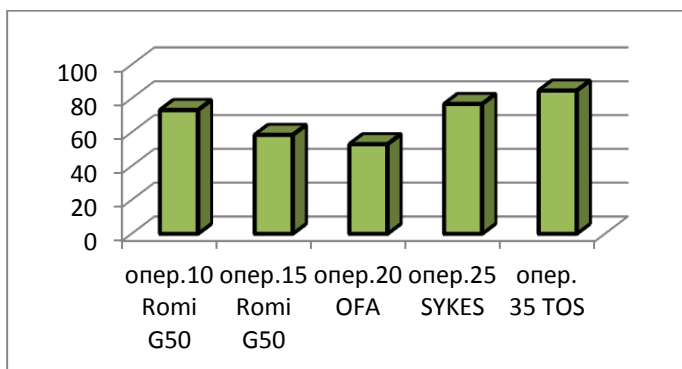


График использования оборудования по основному времени

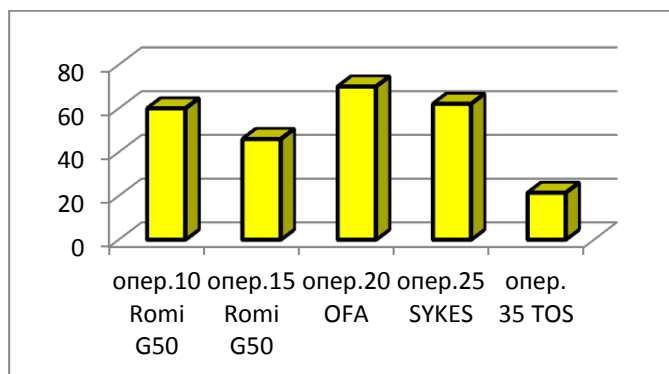


График использования оборудования по мощности

Рисунок 32 – Графики использования оборудования

Анализируя графики можно сказать, что для рационализации технологического процесса, возможно, стоит применить некоторые станки меньшей мощности, что при единичном типе производства было бы более эффективным. Помимо этого, применение некоторых станков обусловлено их технологическими особенностями и незаменимостью в получении некоторых размеров детали, а также точностью выдерживаемых размеров.

Можно сократить вспомогательное время, что повысит коэффициент загрузки оборудования по основному времени, что в свою очередь даст большую эффективность от технологического процесса.

Выводы по разделу

В ходе выполнения технологической части были произведены расчеты режимов резания, посчитаны припуски на обработку и нормы времени изготовления детали «Вал». Так же произведен подбор оборудования установленного на ПК «Казцинкмаш» и режущий инструмент, применяемый на производстве. Таким образом, можно утверждать, что данный проект подходит и отвечает всем требованиям для производства на ПК «Казцинкмаш» детали «Вал».

2 Конструкторская часть

2.1 Концепция, принимаемая для разработки приспособления

Интенсификация производства в машиностроении неразрывно связана с техническим перевооружением и модернизацией средств производства на базе применения новейших достижений науки и техники. Техническое перевооружение, подготовка производства новых видов продукции машиностроения и модернизация средств производства неизбежно включают процессы проектирования средств технологического оснащения и их изготовления.

В общем объеме средств технологического оснащения примерно 50% составляют станочные приспособления. Применение станочных приспособлений позволяет:

- надежно базировать и закреплять обрабатываемую деталь с сохранением ее жесткости в процессе обработки;
- стабильно обеспечивать высокое качество обрабатываемых деталей при минимальной зависимости качества от квалификации рабочего;
- повысить производительность и облегчить условия труда рабочего в результате механизации приспособлений;
- расширить технологические возможности используемого оборудования.

В зависимости от вида производства технический уровень и структура станочных приспособлений различны. Для массового и крупносерийного производства в большинстве случаев применяют специальные станочные приспособления. Специальные станочные приспособления имеют одноцелевое назначение для выполнения определенных операций механической обработки конкретной детали.

2.2 Принцип работы приспособления

Пневматические приводы используют в основном для закрепления и снятия заготовки (детали) после обработки на данном оборудовании.

Широкому распространению пневматических приводов способствует, как большая разновидность их конструкций, так и характерные им преимущества:

1. Скорость работы привода, которая достигается вследствие большой скорости движения сжатого воздуха по трубопроводам
2. Постоянная сила зажима в течение всего периода обработки
3. Возможность регулирования зажимного усилия в широких пределах
4. Работоспособность привода не зависит от колебаний температуры окружающей среды. При низких температурах сжатый воздух не замерзает

5. Простота конструкции

Используя пневмопривод инженер, обязан учитывать и его недостатки:

1. Нестабильная плавность передвижения рабочих органов, особенно при переменной нагрузке
2. Низкое и перепад давления воздуха в заводских сетях
3. Шум при выпуске воздуха из приводов
4. Высокая стоимость энергии сжатого воздуха по сравнению с электрическим при выполнении той же работы

Ликвидируем кое-какие недостатки пневмопривода выводя воздух из выхлопных отверстий в общий воздухопровод, уходящий за пределы цеха.

Вращающиеся пневмоцилиндры встречаются одностороннего и двустороннего действия со сплошным или полым штоком. Цилиндры двустороннего действия бывают одинарные или сдвоенные (последние с увеличенной тянущей силой на штоке). Вращающийся пневмоцилиндр двустороннего действия со сплошным штоком показан на чертеже (Приложение А). Он имеет воздухопроводящую муфту 1 и цилиндр 2. Для присоединения тяги служит резьбовое отверстие на выступающем конце штока 4. Сжатый воздух подается через ниппель 6 и центровое отверстие в стержне 7 в правую полость цилиндра 2. Поршень 3 движется влево, создавая на штоке 4 тянущую силу. Через ниппель 5, радиальные отверстия и скосы в

стержне 7 сжатый воздух подается в левую полость цилиндра. Поршень 3 движется вправо, создавая на штоке 4 толкающую силу.

2.3 Проектирование кулачков для обработки вала

Для патронов с механизированным приводом характерна ограниченность радиального хода кулачков (5-10 мм). Вследствие этого при наладке их для обработки деталей разного диаметра приходится для каждой детали проектировать свои губки, отличающиеся от других по форме и размерам. В разных случаях деталь «утопает» в губки на различную глубину. В одних случаях деталь упирается во внешние торцы губок, в других – в специальные выступы на губках и т.д.

Требуемое радиальное расположение губок определяется следующим образом. На изображенной в натуральную величину вид спереди патрона наносят контуры обрабатываемой детали и вычерчивают кулачки. Получившееся положение принимается за их среднее положение тем, чтобы ход кулачков распределился примерно пополам относительно контура детали. Далее определяют очертание губок с таким расчетом, чтобы их можно было крепить к кулачкам, предназначенным для этой цели, винтам. Затем уже следует проектирование губок в их боковой проекции. Наибольшую трудность представляет проектирование губок для ступенчатых и тонкостенных деталей. Для надежного закрепления детали на губках предусматриваются насечка или шипы.

Вычертим вал в натуральную величину и на него наложим губки, тем самым определим их размеры.

Опорная поверхность губки должна обеспечивать хорошее базирование по торцу вала. Длина губок не должны превышать половины ширины вала, для возможности переустановки.

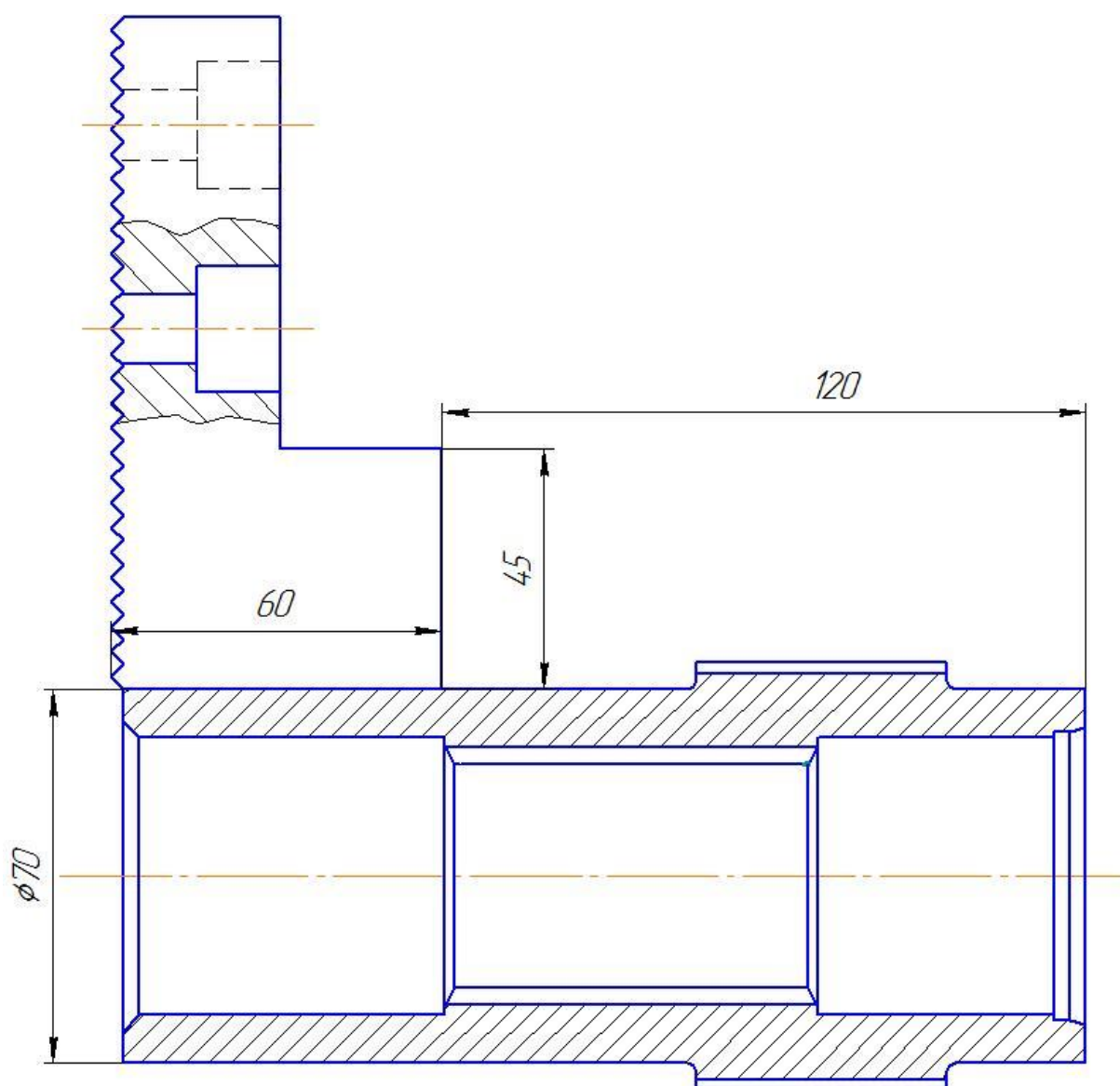


Рисунок 33 – Схема определения размеров губок

2.4 Определение потребной силы тяги и мощности пневмопривода для токарного кулачкового патрона

Сила тяги, которую должен развивать привод, зависит, прежде всего, от величины силы резания и от конструкции патрона. Различие силы тяги обусловлено различием кинематических схем патронов и потерь на трение в кинематических парах, а следовательно, и степенью точности изготовления трущихся деталей.

Для патрона кулачки которого перемещаются рычагами, необходимую силу можно определить с помощью схемы, показанной на рисунке 34

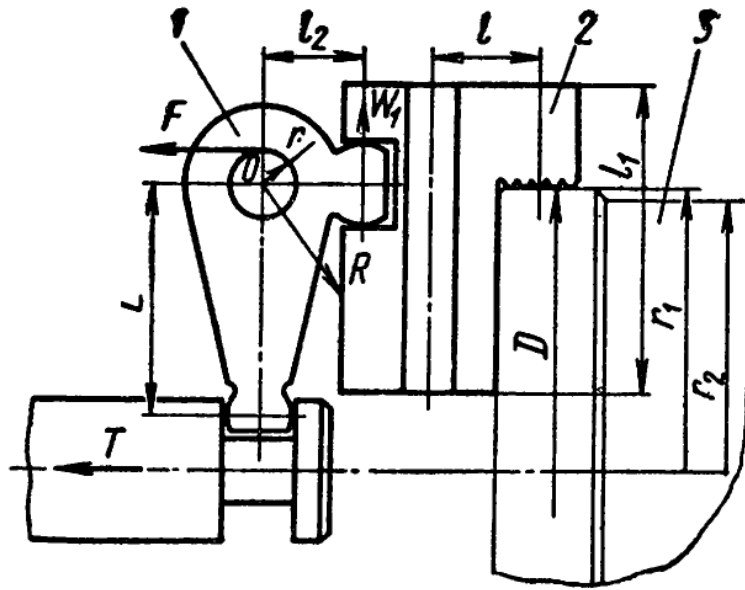


Рисунок 34 – Схема работы кулачков

В целях упрощения расчетов будем считать, что вся сила зажима на обрабатываемую деталь 3 передается одним кулачком 2. Если обозначить силу тяги T и силу трения F в опоре рычага 1, то, исходя из условия равновесия рычага, силу тяги можно найти из уравнения моментов относительно точки O всех сил, действующих на рычаг,

$$(\sum M)_O = W_1 l_2 + Fr - TL = 0 \quad (41)$$

Откуда получаем:

$$T = \frac{W_1 l_2 + Fr}{L} \quad (42)$$

Если вписать в эту формулу значение

$$F = R f_1, \quad (43)$$

где

$$R = W_1 \frac{\sqrt{l_2^2 - L^2}}{L}, \quad (44)$$

то тогда

$$T = \frac{W_1 l_2 + W_1 \frac{\sqrt{l_2^2 - L^2}}{L} r f_1}{L} = W_1 \frac{L l_2 + r f_1 \sqrt{l_2^2 + L^2}}{L^2} \quad (45)$$

или с учетом значения W_l имеем:

$$T = \frac{W}{\left(1 - 3 \frac{l}{l_1} f_1\right)} \cdot \frac{Ll_2 + rf_1 \sqrt{l_2^2 + L^2}}{L^2} \quad (46)$$

Необходимая в данном случае сила зажима детали W находится из равенства моментов силы трения, возникающей под действием силы W на поверхности зажима детали диаметром D , и силы P_z вертикальной составляющей силы резания, действующей на обрабатываемой поверхности, которая имеет диаметр d :

$$Wf \frac{D}{2} = P_z \frac{d}{2} \quad (47)$$

Объединив предыдущие формулы тогда общую формулу для определения силы тяги

$$T = P_z \cdot \frac{d(Ll_2 + rf_1 \sqrt{l_2^2 + L^2})}{fD \left(1 - 3 \frac{l}{l_1} f_1\right)} \quad (48)$$

Силу резания посчитана в пункте 1.9

$$P_z = 10 \cdot 300 \cdot 2,0^1 \cdot 1^{0,75} \cdot 152,6^{-0,15} \cdot 0,7 = 1975 \text{ Н.}$$

Определим силу тяги

$$\begin{aligned} T &= P_z \cdot \frac{d(Ll_2 + rf_1 \sqrt{l_2^2 + L^2})}{fD \left(1 - 3 \frac{l}{l_1} f_1\right)} = \\ &= 1975 \cdot \frac{0,505(0,324 \cdot 0,072 + 0,015 \cdot 0,05_1 \sqrt{0,072^2 + 0,324^2})}{0,05 \cdot 0,505 \left(1 - 3 \frac{0,124}{0,052} \cdot 0,05_1\right)} = 30,8 \text{ кН} \end{aligned} \quad (49)$$

Сила тяги сконструированного приспособления составляет:

$$F = 2 \cdot 0,785 \cdot (D_{\text{ц}}^2 - d_{\text{шт}}^2) \cdot p \cdot \eta, \quad (50)$$

где $D_{\text{ц}}$ – диаметр цилиндра

$d_{\text{шт}}$ – диаметр штока

p – давление сжатого воздуха

η – коэффициент полезного действия цилиндра $\eta=0,8$

$$F = 2 \cdot 0,785 \cdot (0,3^2 - 0,065^2) \cdot 4 \cdot 10^5 \cdot 0,8 = 43 \text{ кН}$$

Необходимая сила тяги для зажима вала не превышает максимальную силу создаваемую пневмоцилиндром. Предусмотрим в конструкции пневмоцилиндра устройство регулирующее давление в поршне.

2.5 Расчёт приспособления на прочность по слабому звену

Прочность — одно из основных требований, предъявляемых к деталям и приспособлениям в целом. Прочность деталей может рассматриваться по коэффициентам запаса или по номинальным допускаемым напряжениям. Расчеты по номинальным допускаемым напряжениям менее точны и прогрессивны, но значительно проще.

С помощью расчета деталей (элементов) приспособлений на прочность можно решать две задачи:

а) проверку на прочность уже существующих деталей с определенными размерами сечений путем сравнения фактических напряжений (моментов, сил) с допускаемыми — проверочный расчет;

б) определение размеров сечений деталей — предварительный проектный расчет.

Расчет на прочность (задача а) детали в виде стержня прямоугольного сечения, нагруженного осевой силой, по допускаемым напряжениям растяжения (сжатия) осуществляется по формуле

$$\sigma = \frac{2P}{ab} \leq [\sigma], \quad (51)$$

где σ — фактическое напряжение растяжения (сжатия), МПа;

P — расчетная сила, Н;

a х b — площадь опасного сечения, мм;

$[\sigma]$ — допускаемое напряжение растяжения (сжатия), МПа.

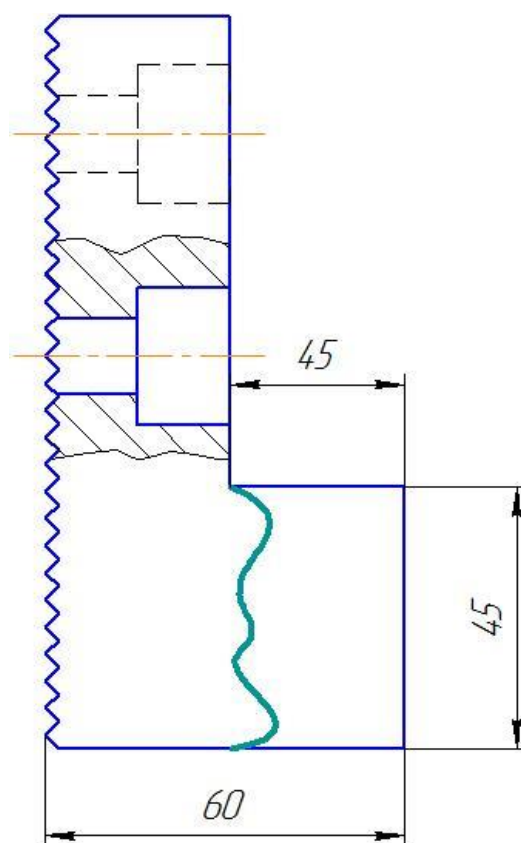


Рисунок 35 – Определение опасного сечения

Наиболее нагруженной деталью является кулачок.

$$T / 3 \cdot L = P \cdot l \quad (52)$$

$$P = \frac{T \cdot L}{3l} = \frac{38000 \cdot 0,324}{3 \cdot 0,240} = 17100 \text{ (Н)} \quad (53)$$

$$\sigma = \frac{2P}{ab} = \frac{2 \cdot 17100}{0,045 \cdot 0,060} = 126,7 \text{ (МПа)} \leq [\sigma] = 183 \text{ (МПа)} \quad (54)$$

Максимальное напряжение меньше допускаемого, следовательно, величина сечения нагруженной детали выбрана правильно.

2.6 Экономическая целесообразность оснащения станочной операции приспособлением

Применение приспособлений при станочной обработке экономически целесообразно при соблюдении условия

$$\frac{\mathcal{E}}{S_{\text{ОБЩ}}} \geq 1, \quad (55)$$

где \mathcal{E} — величина ожидаемой экономии цеховой себестоимости обработки детали в результате применения приспособления;

$S_{ОБЩ}$ — стоимость изготовления и эксплуатации приспособления.

$$\mathcal{E} = [(T - T')C] \cdot n, \quad (56)$$

где T и T' — нормированная трудоемкость операции до и после оснащения приспособлением в ч;

C — тарифная часовая ставка рабочего в руб.;

a и a' — цеховые накладные расходы до и после оснащения;

n — количество обрабатываемых деталей с применением приспособления.

Стоимость изготовления и эксплуатации приспособления может быть определена по формуле

$$S_{ОБЩ} = S_{ИЗГ} + S_{РЕМ} K, \quad (57)$$

где $S_{ОБЩ}$ — цеховая себестоимость изготовления приспособления в тг.;

$S_{РЕМ}$ — стоимость одного ремонта за период работы приспособления для заданной партии деталей;

K — количество ремонтов за расчетный период.

$$T = 4 \text{ ч } T' = 3,5 \text{ ч } C = 250 \text{ руб } n = 500 \text{ шт}$$

$S_{ОБЩ}$ принимаем приблизительно 70000 руб

$S_{ОБЩ}'$ предыдущего патрона составляет 40000 руб. Значит разность составит 30000 руб.

Тогда

$$\mathcal{E} = [(4 - 3,75) \cdot 250] \cdot 500 = 31250 \text{ руб.}$$

$$\frac{\mathcal{E}}{S_{ОБЩ}} = \frac{31250}{30000} \geq 1 \quad (58)$$

Значит применение данного приспособления при изготовлении вала целесообразно. При использовании многостаночного обслуживания экономия возрастает в несколько раз.

2.7 Требования к пневмо и гидроприводам зажимных устройств приспособления ГОСТ12.2.040-79

1. Система пневмо и гидроприводов зажимных устройств приспособлений должна обеспечивать заданное значение зажимных усилий, безопасность закрепления и раскрепления заготовок, их надежное удержание во время обработки и при внезапном прекращении подачи сжатого воздуха или жидкости до полной остановки подвижных частей приспособлений.

2. Пневмо и гидро системы приводов должны быть оборудованы устройствами для уменьшения уровня шума, гари и выхлопа, защиты рабочей среды от загрязнения, защиты от повышения и от падения давления в рабочей полости цилиндра при прекращении или мгновенного падения давления рабочей среды, контроля давления рабочей среды

3. Требования к сжатому воздуху используемому в пневмосистемах ГОСТ 15608-81

4. Головки выводных устройств привода, предназначенные для выпуска воздуха и масла, сливные пробки и т.п. должны быть окрашены в красный цвет. Корпуса кранов, управления пневмо и гидроприводов приспособлений должны иметь отличительную окраску.

5. Конструкция и расположение управляющих , регулирующих и контролирующих устройств присоединяемых у энергоисточникам должны обеспечивать надежную работу привода и его удобное и безопасное обслуживание

6. Элементы пневмо и гидроприводов регулирование которых может привести к аварийному состоянию систем, после окончательной наладки приспособлений должны иметь устройства исключающие их разрегулировку

7. Гибка трубопровода в местах сварки не допускается

8. Не допускается отбор воздуха или рабочей жидкости из трубопроводов идущих к измерительной аппаратуре

9. При использовании пневматических приводов должна быть исключена возможность сдувания на рабочего стружки и пыли отработанным воздухом и загрязнение рабочих зон

10. При наличии в системе пневмо и гидроприводов нескольких трубопроводов с различными давлениями, каждый из них должен иметь маркировку присоединяющихся элементов

11. Испытания пневмо и гидроприводов устройств следует производить в отдельном помещении или в бронированном шкафу при строгом соблюдении всех требований безопасности

12. Применение в системах пневмо и гидроприводов и устройств не имеющих сертификата подтверждающего их соответствие эксплуатационным требованиям не допускается.

Выводы по разделу

В ходе выполнения конструкторской части были произведены расчеты и подбор приспособления. Посчитана сила зажима, произвели расчет на прочность кулачков при зажатии детали «Вал». Изучен принцип работы пневмопатрона и подтверждена экономическая целесообразность оснащения станочной операции приспособлением. Рассмотрены положительные и отрицательные стороны приспособления, и какие требования предъявляются к пневмо и гидроприводам зажимных устройств.

ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ

Студенту:

Группа	ФИО
3-8Л52	Мирошниченко Артему Евгеньевичу

Институт	ИнЭО	Школа	ИШНТ
Уровень образования	Бакалавр	Направление/ специальность	15.03.01 Машиностроение

Исходные данные к разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»:

1. Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих	Оклад руководителя –35120 руб. Оклад инженера –26300 руб.
2. Нормы и нормативы расходования ресурсов	Премияльный коэффициент руководителя 30%; Премияльный коэффициент инженера 20%; Доплаты и надбавки руководителя 30%; Доплаты и надбавки инженера 20%; Дополнительной заработной платы 12%; Накладные расходы 16%; Районный коэффициент 30%.
3. Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования	Коэффициент отчислений на уплату во внебюджетные фонды 30 %

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

1. Оценка коммерческого потенциала, перспективности и альтернатив проведения НИ с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения	-Анализ конкурентных технических решений
2. Планирование и формирование бюджета научных исследований	Формирование плана и графика разработки: - определение структуры работ; - определение трудоемкости работ; - разработка графика Гантта. Формирование бюджета затрат на научное исследование.
3. Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования	- Определение эффективности исследования

Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей):

- Оценочная карта конкурентных технических решений
- График Гантта
- Расчет бюджета затрат НИ

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику	16.03.20
---	-----------------

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОСГН ШБИП	Криницына Зоя Васильевна	К.т.н., доцент		16.03.20

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
3-8Л52	Мирошниченко Артем Евгеньевич		16.03.20

3 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение

Актуальность проведения экономического анализа по оценке деловой привлекательности научной разработки обусловлена тем, что в настоящее время проведение данного анализа позволяет вовремя устранить коммерчески малоэффективные варианты, следовательно, значительно повысить вероятность коммерциализации научной разработки.

Потенциальные потребители - машиностроительное предприятие ПК "Казцинкмаш"[14].

Целью данного раздела является разработка технологического процесса изготовления детали «вал» отвечающего современным требованиям в области ресурсоэффективности и ресурсосбережения; перспективности и успешности научно-исследовательского проекта.

Для поставленной цели необходимо решить следующие задачи:

- оценить потенциальных потребителей результатов исследования;
- проанализировать конкурентные технические решения;
- структурировать работу в рамках научного исследования;
- определить трудоемкость выполненной работы и разработать график проведения научного исследования;
- рассчитать бюджет научно-технического исследования.

3.1 Анализ конкурентных технических решений

Анализ конкурентных предприятий и технических решений с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения позволяет провести оценку сравнительной эффективности научной разработки и определить направления для ее будущего повышения.

Целесообразно проводить данный анализ с помощью оценочной карты (таблица 12). Для этого необходимо отобрать не менее трех-четырех конкурентных товаров и разработок.

$$K = \sum B_i \cdot B_i \quad (59)$$

Таблица 12 Оценочная карта сравнения конкурентных предприятий

Критерий оценки	Вес критерия	Баллы			Конкурентоспособность		
		Б _ф	Б _{к1}	Б _{к2}	К _ф	К _{к1}	К _{к2}
1	2	3	4	5	6	7	8
Технические критерии оценки ресурсоэффективности							
1. Производительность труда рабочего	0,05	4	3	2	4	3	2
2. Вид получения заготовки	0,025	3	2	4	3	2	4
3. Сокращения количества операций в технологическом процессе	0,1	5	4	3	5	4	3
6. Уровень сложности изготовления детали "Вал"	0,025	2	3	4	2	3	4
4. Уровень автоматизации	0,1	5	4	3	5	4	3
5. Функциональная мощность	0,1	5	2	3	5	2	3
6. Качество детали "Вал"	0,2	5	4	3	5	4	3
Экономические критерии оценки эффективности							
1. Конкурентоспособность предприятия	0,1	4	5	4	4	5	4
2. Цена детали "Вал"	0,05	5	3	4	5	3	4
3. Предлагаемый срок изготовления	0,05	5	4	2	5	4	2

Продолжение Таблицы 12

Критерий оценки	Вес критерия	Баллы			Конкурентоспособность		
		Б _ф	Б _{к1}	Б _{к2}	К _ф	К _{к1}	К _{к2}
4. Время изготовления детали "Вал"	0,1	5	2	2	5	2	2
5. Послепродажное обслуживание	0,1	3	1	2	3	1	2
Итого	1				51	37	36

Конкурент 1:

АО «ПЗТМ» - одно из крупнейших машиностроительных предприятий Казахстана по изготовлению оборудования для нефтегазодобывающей, нефтегазоперерабатывающей, нефтехимической, химической, газовой, энергетической и других отраслей промышленности на основе современных технологий, в соответствии со стандартами ГОСТ, ОСТ, СТ РК, ТЕМА, ASME и API с учетом пожеланий заказчика.

В настоящее время АО «ПЗТМ» входит в состав АО «НК «Казахстан инжиниринг», имеет многопрофильные производственные мощности с наличием всех технологических переделов, необходимых для выпуска различных видов оборудования.

Конкурент 2:

Завод АЗТМ основан в 1941 году и уже более 70 лет находится на рынке машиностроения, продукция завода широко известна не только в СНГ, но и в 32 странах мира.

На АО «АЗТМ» налажен полный цикл технологического процесса производства: имеются стале- и чугунолитейный цехи, кузнечнопрессовый цех, модельный участок, термический цех, комплекс механообрабатывающих цехов, сборочный цех с испытательными стендами, различные лаборатории.

Компания занимается инжинирингом, производством, сбытом и сервисным обслуживанием оборудования и машин по следующим направлениям:

- оборудование для металлургической промышленности;
- прокатное и волочильное оборудование;
- оборудование для добычи нефти и газа;
- оборудование для горнодобывающей промышленности;
- продукция общепромышленного назначения.

Оборудование с маркой АО «АЗТМ» успешно работает во многих странах мира.

АО «АЗТМ» располагает уникальными технологиями и высококвалифицированными специалистами в большей степени, чем любое другое машиностроительное предприятие Республики Казахстан. Сосредоточившись на реальных потребностях клиентов, мы предлагаем эффективные и реальные решения, сочетающие высокие технические характеристики нашей продукции, глубину нашего опыта и «ноу-хау» нашего персонала. Десятилетия работы в сфере производства привели к исключительной компетенции наших специалистов, что позволяет АО «АЗТМ» предлагать исчерпывающие, «тотальные» программы по работе с каждым заказом: от проектирования до производства и сервисного обслуживания выпускаемой продукции.

3.2 SWOT-анализ

Для проведения SWOT- анализа было взято конкретное предприятие «ПК Казцинкмаш» с его оборудованием, и его спецификой работы, а так же было учтено оборудование применяемое на предприятии [15].

Промышленный комплекс «Казцинкмаш» ТОО «Казцинк» - одно из наиболее стабильных и быстро прогрессирующих машиностроительных предприятий Казахстана. Предприятие расположено в Восточно-Казахстанской области, производственные цеха находятся в городах Риддере и Усть-Каменогорске. Завод обеспечивает оборудованием и запасными деталями как собственные горно-обогатительные и металлургические производства ТОО "Казцинк", так и другие предприятия черной и цветной металлургии внутреннего и внешнего рынка. Сегодня это одно из современных ведущих машиностроительных предприятий Казахстана, имеющее многолетний опыт работы на рынке горно-шахтного, металлургического и обогатительного оборудования.

Основные преимущества Промышленного комплекса «Казцинкмаш»:

- Гибкое производство. Способность выпускать разнообразные изделия;
- Квалифицированный рабочий персонал;
- Наличие современного технологического оборудования;
- Относительно низкие цены в сегменте металлоемкой, крупногабаритной продукции;
- Многолетний опыт изготовления оборудования и запасных частей для горно-шахтного, обогатительного и металлургического производства.

Проведя анализ, сильных и слабых сторон проекта и особенностей предприятия, внесли все результаты в таблицу 13.

Результат анализа, возможностей и угроз проекта и предприятия, составлена таблица 14.

Таблица 13 Слабые и сильные стороны проекта

СИЛЬНЫЕ СТОРОНЫ	<ul style="list-style-type: none"> • Сложившийся сегмент рынка при повышенном спросе на продукцию и услуги. • Высокопрофессиональный персонал, современная организация производства, сложившиеся производственные традиции. • Полный цикл машиностроительного производства, включающий оборудование с широкими технологическими возможностями. • Мобильность и умение быстро перестраивать производство по требованиям потребителя. 	<ul style="list-style-type: none"> • Моральный и физический износ оборудования. • Повышенные затраты на ремонт и содержание оборудования. • Имеющий место травматизм на производстве, как следствие недоработки в области охраны труда. • Удаленность от сырьевых источников. • Низкая степень автоматизации производства. • Недостаток квалифицированных кадров. 	СЛАБЫЕ СТОРОНЫ
------------------------	---	---	-----------------------

Таблица 14 анализ возможностей и угроз предприятия.

ВОЗМОЖНОСТИ	<ul style="list-style-type: none"> • Улучшение условий труда. • Совершенствование системы управления производством на основе широкого внедрения информационных технологий. • Кардинальное обновление основного оборудования. • Дальнейшее совершенствование системы подготовки специалистов. 	<ul style="list-style-type: none"> • Конкуренция со стороны родственных предприятий Казахстана, России и Китая. • Рост цен на сырье, материалы, энергетические ресурсы и тарифы на грузоперевозки. • Изменения в законодательных актах. 	УГРОЗЫ
--------------------	--	--	---------------

По результатам таблиц составили промежуточную матрицу SWOT таблица 15.

Таблица 15 промежуточная матрица SWOT.

	Положительное влияние	Отрицательное влияние
Внутренние факторы	<p>Гибкое производство; Обучение персонала; Опыт, квалификация; Наличие базы КТД; Современное оборудование (50%); Полный цикл производства; Коммуникация с акционерами; Постоянный объем заказов; Наличие учебного центра; Финансовая поддержка Kazzinc; Хорошая репутация; Минимальное воздействие на окружающую среду; Внедрение новых технологий; Наличие СКО; Трудовые династии.</p>	<p>Простой, поломка оборудования; Нехватка квалифицированных работников; Не корректное планирование производства – ручное несистемное планирование; Текущее состояние рабочих кадров; Неудовлетворенность персонала заработной платой; Качество наших полуфабрикатов -низкое; Большая номенклатура продукции; Отсутствие оценки удовлетворенности потребителя; Отсутствие службы маркетинга; Изношенность основных фондов; Недостаточность планирования.</p>
Внешние факторы	<p>Низкая стоимость электроэнергии; Инвестиции в развитие; Внедрение лучших мировых практик (PCO, Glincore); Отсутствие конкурентов; Территориально Kazzinc близко; Стабильный рынок сбыта; Доступность водного бассейна; Ослабление курса тенге; Текущее экологическое законодательство; Лидирующее положение на рынке ВКО; Glincore рассматривает нас как поставщиков Новые конкуренты.</p>	<p>Логистика; Несвоевременная поставка материалов, ЗП; Увеличение стоимости материалов; Увеличение курса доллара; Угроза прекращения поставки теплоснабжения; Сложность с утилизацией отходов; Незапланированный ремонт у заказчика; Отсутствие собственного снабжения; Запуск балансирующего рынка электроэнергии; Ужесточение законодательства; Отдаленность сторонних поставщиков и потребителей; Могущественный потребитель Kazzinc; Могущественные поставщики; Товары заменители.</p>

3.3 Структура работ в рамках научного исследования

Планирование ВКР включает в себя: обсуждение проблематики выбранной темы, цели работы, вопросы, которые должны быть проработаны, составления перечня работ, необходимых к выполнению, определение участников и построения графика проведения работ.

Таблица 16 - Перечень этапов, работ и распределение исполнителей

Основные этапы	№ раб	Содержание работ	Должность исполнителя
Подготовительный этап	1	Выбор научного руководителя бакалаврской работы	Студент
	2	Составление и утверждение темы бакалаврской работы	Научный руководитель, студент
	3	Составление календарного плана-графика выполнения бакалаврской работы	Научный руководитель
	4	Подбор и изучение литературы по технологическому проектированию	Студент
Основной этап	5	Выполнение технологической части работы	Студент
	6	Согласование выполненной технологической части с научным руководителем	Научный руководитель, студент
	7	Выполнение конструкторской части работы	Студент
	8	Согласование выполненной конструкторской части с научным руководителем	Научный руководитель, студент
Заключительный этап	9	Выполнение других частей работы	Студент
	10	Подведение итогов ,оформление работы	Студент

3.4 Определение трудоемкости выполнения работ

Трудовые затраты в большинстве случаев образуют основную часть стоимости разработки, поэтому важным моментом является определение трудоемкости работ каждого из участников научного исследования.

Трудоемкость выполнения научного исследования оценивается экспертным путем в человеко-днях и носит вероятностный характер, т.к. зависит от множества трудно учитываемых факторов. Для определения ожидаемого (среднего) значения трудоемкости $t_{ожі}$ используется следующая формула:

$$t_{ожі} = \frac{3t_{\min i} + 2t_{\max i}}{5}, \quad (60)$$

где $t_{ожі}$ – ожидаемая трудоемкость выполнения i -ой работы чел.-дн.;

$t_{\min i}$ – минимально возможная трудоемкость выполнения заданной i -ой работы (оптимистическая оценка: в предположении наиболее благоприятного стечения обстоятельств), чел.-дн.;

$t_{\max i}$ – максимально возможная трудоемкость выполнения заданной i -ой работы (пессимистическая оценка: в предположении наиболее неблагоприятного стечения обстоятельств), чел.-дн.

Исходя из ожидаемой трудоемкости работ, определяется продолжительность каждой работы в рабочих днях T_p , учитывающая параллельность выполнения работ несколькими исполнителями. Такое вычисление необходимо для обоснованного расчета заработной платы, так как удельный вес зарплаты в общей сметной стоимости научных исследований составляет около 65 %.

$$T_{pi} = \frac{t_{ожі}}{Ч_i}, \quad (61)$$

где T_{pi} – продолжительность одной работы, раб.дн.;

$t_{ожі}$ – ожидаемая трудоемкость выполнения одной работы, чел.-дн.

Ч_i – численность исполнителей, выполняющих одновременно одну и ту же работу на данном этапе, чел.

3.5 Разработка графика проведения научного исследования

При выполнении дипломных работ студентов основным становятся участниками сравнительно небольших по объему научных тем. Поэтому наиболее удобным и наглядным является построение ленточного графика проведения научных работ в форме диаграммы Ганта.

Для удобства построения графика, длительность каждого из этапов работ из рабочих дней следует перевести в календарные дни. Для этого необходимо воспользоваться следующей формулой:

$$T_{ki} = T_{pi} \cdot k_{\text{кал}}, \quad (62)$$

где T_{ki} – продолжительность выполнения i -й работы в календарных днях;

T_{pi} – продолжительность выполнения i -й работы в рабочих днях;

$k_{\text{кал}}$ – коэффициент календарности.

Коэффициент календарности определяется по следующей формуле:

$$k_{\text{кал}} = \frac{T_{\text{кал}}}{T_{\text{кал}} - T_{\text{вых}} - T_{\text{пр}}}, \quad (63)$$

где $T_{\text{кал}}$ – количество календарных дней в году;

$T_{\text{вых}}$ – количество выходных дней в году;

$T_{\text{пр}}$ – количество праздничных дней в году.

Рассчитанные значения в календарных днях по каждой работе T_{ki} необходимо округлить до целого числа.

Коэффициент календарности в 2020 году составил :

$$k_{\text{кал}} = \frac{366}{366 - 52 - 14} = 1,22,$$









Все рассчитанные значения необходимо свести в таблицу 17.

Таблица 17-Временные показатели проведения научного исследования

Название работы	Трудоёмкость работ			Исполнители	Длительность работ в рабочих днях T_{pi}	Длительность работ в календарных днях T_{ki}
	t_{min} , чел-дни	t_{max} , чел-дни	$t_{ож\ i}$, чел-дни			
Выбор научного руководителя бакалаврской работы	1	2	1,4	Студент	1,4	2
Составление и утверждение темы бакалаврской работы	2	3	1,2	Научный руководитель, студент	1,2	2
Составление календарного плана-графика выполнения бакалаврской работы	1	2	1,4	Научный руководитель	1,4	2
Подбор и изучение литературы по технологическому проектированию	5	10		Студент	7	9
Выполнение технологической части работы	20	28		Студент	23,6	29
Согласование выполненной технологической части с научным руководителем	1	2		Научный руководитель, студент	1,4	1
Выполнение конструкторской части работы	20	28		Студент	23,6	29
Согласование выполненной конструкторской части с научным руководителем	1	2		Научный руководитель, студент	1,4	1
Выполнение других частей работы	10	15		Студент	12	15
Подведение итогов , оформление работы	2	4		Студент	2,8	4

На основе таблицы 16 строится календарный план-график. График строится для максимального по длительности исполнения работ в рамках научно-исследовательского проекта на основе таблицы 17 с разбивкой по месяцам и декадам (10 дней) за период времени дипломирования. При этом работы на графике следует выделить различной штриховкой в зависимости от исполнителей, ответственных за ту или иную работу.

Таблица 18- Календарный план-график проведения НИОКР по теме

№ ра- бот	Вид работ	Исполнители	T _{кi} , кал.д н.	Продолжительность выполнения работ											
				февр.		март			апрель			май			
				2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	
1	Выбор научного руководителя бакалаврской работы	Студент	2												
2	Составление и утверждение темы бакалаврской работы	Научный руководи- тель, студент	2												
3	Составление календарного плана-графика выполне- ния бакалаврской работы	Научный руководи- тель	2												
4	Подбор и изучение литературы по технологическому проектированию	Студент	9												
5	Выполнение технологической части работы	Студент	29												
6	Согласование выполненной технологической части с научным руководителем	Научный руководи- тель, студент	1												
7	Выполнение конструкторской части работы	Студент	29												
8	Согласование выполненной конструкторской части с научным руководителем	Научный руководи- тель, студент	1												
9	Выполнение других частей работы	Студент	15												
10	Подведение итогов , оформление работы	Студент	4												

 - руководитель темы

 студент

По календарному плану-графику проведения ВКР видно, что начало работы было во второй половине декады февраля. По графику видно, что некоторые виды работы выполняются 3 декады в одном месяце. Такие работы, как составление и утверждение темы работы, выбор объекта исследования и согласование работы, выполнялись двумя исполнителями. Окончание работы в половине третьей декады мая.

3.6 Бюджет научно-технического исследования (НТИ)

При планировании бюджета НТИ должно быть обеспечено полное и достоверное отражение всех видов расходов, связанных с его выполнением. В процессе формирования бюджета НТИ используется следующая группировка затрат по статьям:

- материальные затраты НТИ;
- основная заработная плата исполнителей темы;
- дополнительная заработная плата исполнителей темы;
- отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления);
- накладные расходы;
- формирование бюджета затрат научно-исследовательского проекта.

3.6.1 Расчет материальных затрат НТИ

Расчет материальных затрат осуществляется по следующей формуле:

$$З_m = \sum_{i=1}^m Ц_i * N_{расхi} , \quad (64)$$

где m – количество видов материальных ресурсов, потребляемых при выполнении научного исследования;

$N_{расхi}$ – количество материальных ресурсов i -го вида, планируемых к использованию при выполнении научного исследования (шт., кг, м, м² и т.д.);

$Ц_i$ – цена приобретения единицы i -го вида потребляемых материальных ресурсов (руб./шт., руб./кг, руб./м, руб./м² и т.д.).

В данной работе к материальным затратам можно отнести: бумага, ручки, USB-накопитель, ежедневник, ластик.

Материальные затраты, необходимые для разработки технологического процесса изготовления детали «вал», указаны в таблице 19.

Таблица 19 – Материальные затраты

Наименование	Единица измерения	Количество	Цена за ед., руб.	Затраты на материалы (Z_m), руб.
Бумага офисная	лист	200	1,5	300
Ручка	Шт.	4	20	80
Скобы для степлера	упаковка	2	15	30
Ежедневник	Шт	1	150	150
Ластик	Шт	1	20	40
Итого:				600

Материальные затраты на выполнение научно-технического исследования составили 600 рублей.

3.6.2 Основная заработная плата исполнителей темы

В настоящую статью включается основная заработная плата научного руководителя и студента.

Величина расходов по заработной плате определяется исходя из трудоемкости выполняемых работ и действующей системы окладов и тарифных ставок. В состав основной заработной платы включается премия, выплачиваемая ежемесячно из фонда заработной платы в размере 20 –30 % от тарифа или оклада. Расчет основной заработной платы приводится в таблицеб.

Статья включает основную заработную плату работников, непосредственно занятых выполнением НТИ, (включая премии, доплаты) и дополнительную заработную плату:

$$Z_{\text{зп}} = Z_{\text{осн}} + Z_{\text{доп}}, \quad (65)$$

где $Z_{\text{осн}}$ – основная заработная плата;

$Z_{\text{доп}}$ – дополнительная заработная плата (12-20 % от $Z_{\text{осн}}$).

Основная заработная плата ($Z_{\text{осн}}$) руководителя (лаборанта, инженера) от предприятия (при наличии руководителя от предприятия) рассчитывается по следующей формуле:

$$З_{\text{осн}} = T_p \cdot З_{\text{дн}}, \quad (66)$$

где $З_{\text{осн}}$ – основная заработная плата одного работника;

T_p – продолжительность работ, выполняемых научно-техническим работником, раб. дн.

$З_{\text{дн}}$ – среднедневная заработная плата работника, руб.

Среднедневная заработная плата рассчитывается по формуле:

$$З_{\text{дн}} = \frac{З_M * M}{F_d}, \quad (67)$$

где $З_M$ – месячный должностной оклад работника, руб.;

M – количество месяцев работы без отпуска в течение года: при отпуске в 24 раб.дня $M = 11,2$ месяца, 5-дневная неделя; при отпуске в 48 раб. дней $M = 10,4$ месяца, 6-дневная неделя;

F_d – действительный годовой фонд рабочего времени научно- технического персонала, раб.дн.

Месячный должностной оклад работника:

$$З_M = З_{\text{тс}} * (1 + k_{\text{пр}} + k_d) * k_p, \quad (68)$$

где $З_{\text{тс}}$ – заработная плата по тарифной ставке, руб.;

$k_{\text{пр}}$ – премиальный коэффициент, равный 0,3 (т.е. 30% от $З_{\text{тс}}$);

k_d – коэффициент доплат и надбавок составляет примерно 0,2 – 0,5 (в НИИ и на промышленных предприятиях – за расширение сфер обслуживания, за профессиональное мастерство, за вредные условия: 15- 20 % от $З_{\text{тс}}$);

k_p – районный коэффициент, равный 1,3 (город Томск).

Месячный должностной оклад руководителя темы, руб.:

$$З_M = 35120 * 1,3 = 45656$$

Месячный должностной оклад студента, руб.:

$$З_M = 26300 * 1,3 = 34190$$

Таблица 20 – Баланс рабочего времени

Показатели рабочего времени	Руководитель	Студент
Календарное число дней	366	366
Количество нерабочих дней		
- выходные	44	48
- праздничные дни	14	14
Потери рабочего времени		
- отпуск	56	28
- невыходы по болезни	0	0
Действительный годовой фонд рабочего времени	252	276

Месячный должностной оклад руководителя темы, руб.:

$$З_{\text{дн}} = \frac{45656 \cdot 10,4}{252} = 1884$$

Месячный должностной оклад студента, руб.:

$$З_{\text{дн}} = \frac{34190 \cdot 11,2}{276} = 1387$$

Основная заработная плата руководителя темы составила:

$$З_{\text{осн}} = 1884 \cdot 6 = 11304$$

Основная заработная плата студента составила:

$$З_{\text{осн}} = 1387 \cdot 88 = 122056$$

Таблица 21 - Расчет основной заработной платы

Исполнители	З _{тс} , тыс. руб.	к _{пр}	к _д	к _р	З _м , тыс. руб.	З _{дн} , тыс. руб.	Тр, раб. дн.	З _{осн} , тыс. руб.
Руководитель	35,12	0	0	1,3	45656	1884	6	11304
Бакалавр	26,3	0	0	1,3	34190	1387	88	122056
Итого З_{осн}:								133360

3.6.3 Дополнительная заработная плата исполнителей темы

Затраты по дополнительной заработной плате исполнителей темы учитывают величину предусмотренных Трудовым кодексом РФ доплат за отклонение от нормальных условий труда, а также выплат, связанных с обеспечением гарантий и компенсаций (при исполнении государственных и общественных обязанностей, при совмещении работы с обучением, при предоставлении ежегодного оплачиваемого отпуска и т.д.).

Расчет дополнительной заработной платы ведется по следующей формуле:

$$З_{\text{доп}} = k_{\text{доп}} \cdot З_{\text{осн}} \quad (69)$$

где $k_{\text{доп}}$ – коэффициент дополнительной заработной платы (на стадии проектирования принимается равным 0,12 – 0,15).

Следовательно, дополнительная заработная плата научного руководителя будет равной:

$$З_{\text{доп}} = 0,12 \cdot 11304 = 1356,48$$

Дополнительная заработная плата студента составила:

$$З_{\text{доп}} = 0,12 \cdot 122056 = 14646,72$$

3.6.4 Отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления)

В данной статье расходов отражаются обязательные отчисления по установленным законодательством Российской Федерации нормам органам государственного социального страхования (ФСС), пенсионного фонда (ПФ) и медицинского страхования (ФФОМС) от затрат на оплату труда работников.

Величина отчислений во внебюджетные фонды определяется исходя из следующей формулы:

$$З_{\text{внеб}} = k_{\text{внеб}} \cdot (З_{\text{осн}} + З_{\text{доп}}), \quad (70)$$

где $k_{\text{внеб}}$ – коэффициент отчислений на уплату во внебюджетные фонды (пенсионный фонд, фонд обязательного медицинского страхования и пр.).

На 2020 год установлен размер страховых взносов равный 30%.

Таблица 22 - Отчисления во внебюджетные фонды

Исполнитель	Основная заработная плата, руб.	Дополнительная заработная плата, руб.
Руководитель темы	11304	1356,48
Студент	122056	14646,72
Коэффициент отчислений во внебюджетные фонды	30%	
Итого	44808,96	

3.6.5 Накладные расходы

Накладные расходы учитывают прочие затраты организации, не попавшие в предыдущие статьи расходов: печать и ксерокопирование материалов исследования, оплата услуг связи, электроэнергии, размножение материалов и т.д. Их величина определяется по следующей формуле:

$$Z_{\text{накл}} = (\sum \text{статей}) \cdot k_{\text{нр}}, \quad (71)$$

где $k_{\text{нр}}$ – коэффициент, учитывающий накладные расходы.

Величину коэффициента накладных расходов можно взять в размере 16%. Таким образом, накладные расходы равны:

$$Z_{\text{накл}} = 213206 \cdot 0,16 = 34112,96 \text{ рублей.}$$

3.6.6 Формирование бюджета затрат научно-исследовательского проекта

Рассчитанная величина затрат научно-исследовательской работы является основой для формирования бюджета затрат проекта, который при формировании договора с заказчиком защищается научной организацией в качестве нижнего предела затрат на разработку научно-технической продукции.

Определение бюджета затрат на научно-исследовательский проект по каждому варианту исполнения приведен в таблице 23.

Таблица 23 - Расчет бюджета затрат НТИ

Наименование статьи	Сумма, руб.	Доля затрат
1. Материальные затраты НТИ	600	0,003
2. Затраты по основной заработной плате исполнителей темы	133360	0,58
3. Затраты по дополнительной заработной плате исполнителей темы	19450	0,08
4. Отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления)	44808,96	0,19
5. Накладные расходы	34112,96	0,147
6. Бюджет затрат НТИ	232331,92	1

Бюджет затрат на выполнение научно-исследовательской работы составил 232331,92 рубля.

3.7 Определение эффективности исследования

В технологическом процессе изготовления детали «вал» исходной заготовкой принят прокат круглого сечения, что при единичном типе производства оправдано и позволяет значительно сократить затраты на получения заготовки. За счёт оптимальной последовательности технологических операций достигается минимальная трудоемкость изготовления детали.

Значение $P_{\text{ср}} = 80$ показывает, что перспективность технологического процесса изготовления детали «вал» на рынке является перспективным. По календарному плану-графику проведения ВКР видно, что начало работы было во второй половине февраля, а окончание работ во второй половине мая. Был определен бюджет исследования, который составил 232331,92 рублей.

ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»

Студенту:

Группа		ФИО	
3-8Л52		Мирошниченко Артему Евгеньевичу	
Школа	ИШНПТ	Отделение (НОЦ)	ОМ
Уровень образования	Бакалавриат	Направление/специальность	Машиностроение
Тема ВКР: Разработка технологии изготовления детали «Вал»			
Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:			
1. Характеристика объекта исследования (вещество, материал, прибор, алгоритм, методика, рабочая зона) и области его применения		Технологический процесс изготовления детали "Вал" . Область применения: Машиностроительные производства.	
Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:			
1. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности: <ul style="list-style-type: none"> – специальные (характерные при эксплуатации объекта исследования, проектируемой рабочей зоны) правовые нормы трудового законодательства; – организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны. 		<ul style="list-style-type: none"> – СанПиН 2.2.4.548–96 – СН 2.2.4/2.1.8.562–96 – СП 52.13330.2016 – СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03 – Р 2.2.200605 – ГОСТ 12.2.032-78 – ГОСТ 12.0.003-2015 – "Трудовой кодекс Российской Федерации" от 30.12.2001 N 197-ФЗ (ред. от 24.04.2020) 	
2. Производственная безопасность 2.1. Анализ выявленных вредных и опасных факторов: 2.2. Обоснование мероприятий по снижению воздействия:		2.1 Анализ вредных факторов: <ul style="list-style-type: none"> – Повышенный уровень шума на рабочем месте – Повышенный уровень вибрации – Повышенный уровень электромагнитных излучений; – Недостаточная освещенность рабочей зоны; 2.2 Анализ опасных факторов: <ul style="list-style-type: none"> – Повышенное значение напряжения в электрической цепи, замыкание которой может произойти через тело человека, напряжение прикосновения и тока; – Движущиеся машины и механизмы; 	

	подвижные части производственного оборудования; передвигающиеся изделия, заготовки, материалы
3. Экологическая безопасность:	<p>– Воздействия на гидросферу: выбросы теплоты в водоемы, изменение условий ледостава, зимнего гидрологического режима; изменение условий паводков; изменение распределения осадков, испарений, туманов.</p> <p>Не несет опасных и вредных воздействий на атмосферу и литосферу</p> <p>-</p>
4. Безопасность в чрезвычайных ситуациях: –	<p>– Возможность ЧС при обслуживании и эксплуатации электрооборудования:</p> <p>– Пожар является наиболее возможной ЧС.</p>

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику	16.03.2020
--	------------

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Белоевко Елена Владимировна	к.т.н		16.03.2020

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
3-8Л52	Мирошниченко Артем Евгеньевич		16.03.2020

4 Социальная ответственность

Введение

В данной выпускной квалификационной работе проводится разработка технологического процесса и процесса обработки детали «Вал». При выполнении задания были рассмотрен процесс обработки на металлорежущем оборудовании. Деталь будет использоваться в коробке скоростей станка.

В этом разделе рассматриваются вредные и опасные факторы на стадии разработки, изготовления и эксплуатации, а также проводится анализ и оценка выше перечисленных пунктов, которые могут оказывать негативное и пагубное влияние на рабочего обслуживающего станки с ЧПУ. Даются рекомендации по обеспечению оптимальных рабочих условий труда и охране окружающей среды.

4.1 Правовые и организационные вопросы безопасности

4.1.1 Правовые вопросы обеспечения безопасности

—«Гигиенические требования к персональным электронно-вычислительным машинам и организации работы» (СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03)

—«Инструкция по охране труда для оператора станка с ЧПУ»

Режим труда и отдыха работников установлен трудовым кодексом. Согласно ТК РФ, N 197 -ФЗ каждый работник имеет право на:

1. 8-ми часовой рабочий день.
2. Во время рабочего дня отводится время для перерывов на отдых и питание.
3. Продолжительность перерывов на отдых и питание от 30 до 60 мин.
4. Рабочее место, соответствующее требованиям охраны труда
5. Обязательное социальное страхование от несчастных случаев на производстве и профессиональных заболеваний в соответствии с федеральным законом

6. Гарантии и компенсации, установленные в соответствии с настоящим Кодексом, коллективным договором, соглашением, локальным нормативным актом, трудовым договором, если он занят на работах с вредными и (или) опасными условиями труда.

7. Отказ от выполнения работ в случае возникновения опасности для его жизни и здоровья вследствие нарушения требований охраны труда, за исключением случаев, предусмотренных федеральными законами, до устранения такой опасности

8. Обеспечение средствами индивидуальной и коллективной защиты в соответствии с требованиями охраны труда за счет средств работодателя.

4.1.2 Организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны

При планировании рабочего места оператора ЧПУ для изготовления детали «Вал», в первую очередь необходимо учитывать рабочее положение станочника, а также величину и характер рабочих усилий (статических, динамических), объем и темп выполняемых движений, степень точности операций и т.п

Рациональная рабочая поза стоя обеспечивается при сохранении вертикального положения туловища или наклоне его вперед на 10 – 15°.

Оснащение рабочего места включает технические средства, необходимые для производства определенных видов работ и их контроля (станки, подъемно-транспортные устройства, технологическую и организационную оснастку, измерительные приспособления), а также средства для обеспечения комфорта на рабочем месте (соответствующее освещение, средства связи, ограничение уровня шума и вибраций, эстетические мероприятия и другие средства обеспечения безопасности труда).

4.2 Профессиональная социальная безопасность

Для идентификации потенциальных факторов при работе на станках с ЧПУ, в процессе изготовления детали «Вал», необходимо использовать

ГОСТ 12.0.003-2015 «Опасные и вредные производственные факторы. Классификация».

Таблица 24 – Возможные опасные и вредные факторы

Факторы (ГОСТ 12.0.003-2015)	Этапы работы			Нормативные документы
	Разработка детали «Вал»	Изготовление детали «Вал»	Эксплуатация детали «Вал»	
1. Повышенный уровень шума		+	+	Параметры микроклимата – СанПиН 2.2.4.548-96 [16] Уровень шума – СН 2.2.4/2.1.8.562-96 [17] Уровень освещенности – СП 52.13330.2016 [18] Условия работы за ПК – СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03 [19] Р 2.2.2006-05 Гигиена труда. Руководство по гигиенической оценке факторов рабочей среды и трудового процесса. Критерии и классификация условий труда [20] СН 2.2.4/2.1.8.566-96 Производственная вибрация ГОСТ 12.3.002-2014 Система стандартов безопасности труда (ССБТ)[21].
2. Отсутствие или недостаток естественного света	+	+	+	
3. Повышенный уровень вибрации		+	+	
4. Повышенный уровень электромагнитных излучений	+	+		
5. Повышенное значение напряжения в электрической цепи, замыкание которой может произойти через тело человека	+	+		
6 Движущиеся машины и механизмы; подвижные части производственного оборудования; передвигающиеся изделия, заготовки, материалы		+	+	

4.2.1 Анализ вредных факторов

Согласно ГОСТ 12.0.003-2015 все вредные опасные факторы, воздействующие при эксплуатации оборудования, можно классифицировать следующим образом:

а) санитарно - гигиенические: нерациональное освещение, содержание вредных и отравляющих веществ в воздухе;

б) организационно - технические: неправильная организация труда и рабочего места (загроможденность помещения, присутствие ненужных и отсутствие необходимых для работы приборов и приспособлений), недостаточное обучение работников правилам техники безопасности.

4.2.1.1 Повышенный уровень шума

Шум неблагоприятно воздействует на организм человека, вызывает психические и физиологические нарушения, снижение слуха, работоспособности, создают предпосылки для общих и профессиональных заболеваний и производственного травматизма, а также происходит ослабление памяти, внимания, нарушение артериального давления и ритма сердца.

Производственное оборудование (токарно-фрезерные станки с ЧПУ, зубофрезерный станок с ЧПУ, зубодолбежный станок) и инструменты (фрезы, резцы, червячные фрезы и долбяк) применяемые в технологическом процессе изготовления детали «Вал», создающие в процессе эксплуатации шум.

Максимальная шумовая характеристика станков от 82 до 92 дБ А в соответствии с ГОСТ 12.1.003-83. Индекс изоляции шума ограждением составляет 60 дБА. Уровень шума около наружной стены здания составляет 32 дБА.

Мероприятия по устранению повышенного уровня шума:

- правильная организация труда и отдыха;
- ликвидация шума в источнике его возникновения путем своевременного устранения неисправности технологического оборудования;
- применение звукопоглощающих материалов в конструкциях шумящих механизмов и оборудования;

- облицовка помещений (потолка и стен в небольших помещениях) звукоизолирующими и звукопоглощающими материалами;
- применение индивидуальных средств защиты органов слуха - наушников, вкладышей, шлемов (ГОСТ 12. 4. 011-89 ССБТ).

4.1.2.2 Недостаточная освещенность рабочей зоны

Недостаточная освещенность рабочей зоны является вредным производственным фактором, который может вызвать ослепленность или привести к быстрому утомлению и снижению работоспособности.

Свет влияет на физиологическое состояние человека, правильно организованное освещение стимулирует протекание процессов высшей нервной деятельности и повышает работоспособность. При недостаточном освещении человек работает менее продуктивно, быстро устает, растет вероятность ошибочных действий, что может привести к травматизму. В зависимости от длины волны, свет может оказывать возбуждающее (оранжево-красный) или успокаивающее (желто-зеленый) действие.

К средствам нормализации освещенности производственных помещений рабочих мест оператора ЧПУ, зубофрезеровщика и шлифовщика относятся: источники света; осветительные приборы; световые проемы; светозащитные устройства; светофильтры; защитные очки.

4.2.1.3 Повышенный уровень вибрации на рабочем месте

Вибрация относится к факторам, обладающим высокой биологической активностью. При повышении частот колебаний выше 0,7 Гц возможны резонансные колебания в органах. Область резонанса для головы в положении сидя при вертикальных вибрациях располагается в зоне между 20...30 Гц, при горизонтальных – 1,5...2 Гц.

Особое значение резонанс приобретает по отношению к органу зрения. Частотный диапазон расстройств зрительных восприятий лежит между 60...90 Гц, что соответствует резонансу глазных яблок. Для органов, расположен-

ных в грудной клетке и брюшной полости (грудь, диафрагма, живот), резонансными являются 3...3,5 Гц. Для всего тела в положении сидя резонанс наступает на частотах 4...6 Гц.

При работе на шлифовальном станке при изготовлении детали «Вал» рабочий подвергается локальной вибрации. Локальная вибрация вызывает спазмы сосудов кисти, предплечий, нарушая снабжение конечностей кровью. Одновременно колебания действуют на нервные окончания, мышечные и костные ткани, вызывают снижение чувствительности, отложение солей в суставах пальцев, деформируя и уменьшая подвижность суставов. Колебания низких частот вызывают резкое снижение тонуса капилляров, а колебания высоких частот – спазм сосудов. Охлаждение и смачивание рук значительно повышает риск развития вибрационной болезни за счет усиления сосудистых реакций.

Вибрации всех видов нормируются в соответствии с Санитарными нормами СН 2.2.4/2.1.8.556-96 «Производственная вибрация, вибрация в помещениях жилых и общественных зданий».

Основными методами и средствами защиты от вибрации являются:

- устранение непосредственного контакта с вибрирующим оборудованием путем применения дистанционного управления;
- промышленных роботов, автоматизации;
- уменьшение интенсивности вибрации непосредственно в источнике;
- применение вибродемпфирования, динамического виброгашения, активной и пассивной виброизоляции;
- рациональная организация режима труда и отдыха;
- создание комплексных бригад с взаимозаменяемостью профессий;
- использование средств индивидуальной защиты.

4.2.1.4 Повышенный уровень электромагнитных излучений

В технологии производства изготовления детали «Вал» используют высокочастотные электромагнитные поля (ЭМП), в частности для быстрого

разогрева различных материалов при их термической обработке. Для упрочнения наружной поверхности детали «Вал» применяем ТВЧ. Также для написания программ для станков с ЧПУ используются компьютеры.

В процессе эксплуатации промышленных термических ВЧ установок не исключены частичные утечки электромагнитной энергии в ближайшее пространство, а следовательно, есть опасность воздействия на людей.

Воздействие на живую ткань организма, ЭМП вызывает переменную поляризацию молекул и атомов, составляющих клетки, в результате чего происходит опасный их нагрев.

Безопасные для здоровья нормы диапазонов частот: 30-300 кГц, возникающие при напряженности поля 25 Вольт на метр (В/м), 0,3-3 МГц, при напряженности 15 В/м, 3-30 МГц – напряженность 10 В/м, 30-300 МГц – напряженность 3 В/м, 300 МГц-300 ГГц – напряженность 10 мкВт/см².

Предел для высоковольтных линий установлен на частоте 160 кВ/м, однако в реальной жизни они выдают ЭМИ излучение в 5-6 раз меньше данного показателя.

Если интенсивность ЭМИ отличается от приведенных показателей, такое излучение способно нанести вред здоровью.

Защита от ЭМИ программиста:

- установить защитный экран, выполненный в виде мелкой металлической сетки;
- обратить на материал экрана компьютера.

Защита от ЭМИ рабочего:

- установить небольшое экранирующее устройство, например, металлический козырёк. Также применяют перегородки, сваренные из прутьев большого диаметра.
- если экранирование помещения невозможно, следует защитить персонал, работающий там. Специальная одежда защищает всю поверхность тела: голову, ноги, руки и туловище. Даже при воздействии различных диапазонов частот.

- при ремонтных работах допускается снижение напряжённости электромагнитного поля, путём отключения некоторых узлов или аппаратов. При этом время на ремонт строго ограничено.

4.2.2 Анализ опасных производственных факторов

4.2.2.1 Повышенное значение напряжения в электрической цепи, замыкание которой может произойти через тело человека.

Основными причинами воздействия тока на человека в процессе изготовления детали «Вал» являются: случайные проникновения или приближение на опасное расстояние к токоведущим частям; появление напряжения на металлических частях оборудования в результате повреждения изоляции.

Устанавливает предельно допустимые уровни (ПДУ) напряжений и токов ГОСТ 12.1. 038-82 ССБТ .

Согласно ПУЭ, производственное помещение участка относится к категории помещений с повышенной опасностью т.к. в нашем помещении где будет реализован технологический процесс по изготовлению детали «Вал» присутствуют такие факторы, как токопроводящий пол, так как он железобетонный, и токопроводящая пыль. Проблема токопроводящих полов решается оборудованием рабочих мест деревянными плитами (решетками). А токопроводящая пыль устраняется с помощью устройств местной вытяжной вентиляции.

Мероприятия по защите в результате повышенного значения напряжения в электрической цепи, замыкание которой может произойти через тело человека:

Обеспечение недоступности токоведущих частей, находящихся под напряжением путем надежной изоляции, вывешивание плакатов и знаков и т.д.;
Электрическое разделение сети;

Устранение опасности поражения электрическим током при появлении напряжения на корпусах, кожухах и других частях металлообрабатывающее оборудование работающие под напряжением достигается применением ма-

лых напряжений, использованием двойной изоляции, выравниванием потенциала, защитным заземлением, занулением и др.

4.2.2.2 Движущиеся машины и механизмы, подвижные части производственного оборудования.

Отлет стружки: При фрезеровании и точении деталей типа «Вал» возможна вероятность отлета стружки в сторону рабочего места. В этом случае есть вероятность травмы глаз и открытых частей тела.

Мероприятия по устранению попадания стружки:

Для устранения возможности попадания стружки в глаза на станках, где есть такая возможность, необходимо установить защитные ограждения, а там, где установка невозможна по техническим причинам необходимо выдавать рабочим защитные очки.

Вращающиеся части станков:

При работе на токарных, фрезерных станках, используемых в данном технологическом процессе, возможен захват волос или элементов одежды вращающимися частями станков. Следствием этого может быть тяжелая травма, и даже смертельный исход.

Для того чтобы предотвратить захват волос вращающимися частями станков или режущим инструментом необходимо выдавать рабочим специальные береты.

Слабое и ненадежное крепление инструмента (фрезы, резца, сверла) на станке при обработке деталей типа «Вал» может явиться причиной травм рук (ушибов и переломов) станочника. В целях предупреждения травм необходимо проведение периодического инструктажа, направленного на соблюдение техники безопасности на рабочих местах и использование защитных экранов.

4.3 Экологическая безопасность

Важнейшими факторами являются: истощение озонового слоя Земли; загрязнение атмосферы и водных ресурсов; повышение естественного радиационного фона; захоронение отходов экологически опасных производств (в том числе атомной и химической промышленности); последствия испытаний оружия массового поражения и оружия на новых физических принципах.

В целях общего улучшения состояния окружающей среды мероприятиями по обеспечению благоприятных условий жизни населения предусматривается:

Озеленение и благоустройство территории предприятия

Содержание дорог, тротуаров и прилегающих озелененных территорий в соответствии с санитарными требованиями;

Ликвидация несанкционированных свалок отходов;

Создание и обустройство санитарно-защитной зоны предприятия

4.3.1 Охрана окружающей среды

Основными производственными отходами в результате техпроцесса изготовления детали типа «Вал» является металлическая стружка, отработанная смазочно-охлаждающая жидкость (СОЖ), промышленный мусор.

При этом стружка прессуется в брикеты и передается на металлургическое предприятие для переплавки.

Отработанную СОЖ, отфильтровывают, взвесь прессуется и передается на вторичное использование в строительную компанию в качестве инертного наполнителя а остальная часть пополняется концентратом и передается на производство для использования по назначению.

Люминесцентные лампы освещающие цех по изготовлению деталей типа «Вал» также хранят в специальном помещении и по мере накопления их упаковывают в герметичную тару и передают на утилизацию по договору со специализированной организацией.

На площадях, на которых производятся технологические операции шлифование, для изготовления рассматриваемой детали оснащены пылеуловителями типа «Циклон» и барботажно-вихревыми пылеуловителями.

Существует множество мероприятий по защите окружающей среды:

Применение технологических процессов и оборудования, исключающих появление вредных факторов.

Предотвращение выброса вредных веществ в окружающую среду.

Вывоз отходов, не подвергающихся вторичному использованию в специальные места захоронения.

В охране окружающей среды важную роль играют службы контроля качества окружающей среды, призванные вести, систематизированные наблюдения за состоянием атмосферы, воды и почв для получения фактических уровней загрязнения окружающей среды.

4.4 Безопасность в чрезвычайных ситуациях

В настоящее время существует два основных направления минимизации вероятности возникновения последствий ЧС на промышленных объектах. Первое направление заключается в разработке технических и организационных мероприятиях, уменьшающих вероятность реализации опасного поражающего потенциала в современных технических системах. В рамках этого направления на заводе по производству деталей типа «Вал» технические системы снабжают защитными устройствами - средствами взрыво- и пожарозащиты технологического оборудования, электро- и молниезащиты, локализации и тушения пожаров и т.д.

Второе направление заключается в подготовке объекта и обслуживающего персонала к действиям в условиях ЧС. Основой второго направления является формирование планов действий в ЧС. Для этого на заводе прогнозируют размеры и степень поражения объектов при воздействии на него поражающих факторов различных видов (взрывы, пожары, отключения электроэнергии, наводнения, землетрясения, террористические акты, нападение

вероятного противника и др.), опираясь на экспериментальные и статистические данные о физических и химических явлениях, составляющих возможную аварию.

В соответствии со НПБ 105-03 все производства делят на категории по пожарной, взрывной и взрывопожарной опасности. Цех, в котором изготавливается детали типа «Вал», относится к категории Д, так как в нашем производстве обрабатываются негорючие вещества и материалы в холодном состоянии.

Устойчивость работы завода зависит от ряда факторов; способность инженерно-технического комплекса противостоять поражающим факторам; защищенность объектов от воздействия вторичных поражающих факторов; надежность системы снабжения объекта всем необходимым для производства продукции; надежность оповещения и связи; подготовленность объекта к ведению спасательных и других неотложных работ. При отсутствии вышеперечисленных факторов работа предприятия по производству деталей типа «Вал» перестает быть устойчивой и может случиться авария или несчастный случай.

Абсолютную безопасность обеспечить невозможно, т.к. всегда будет оставаться риск возникновения чрезвычайных ситуаций, зависящий не только от поведения людей, но и от природы.

4.4.1 Пожарная и взрывная безопасность

Пожары на машиностроительных предприятиях представляют большую опасность для работников и могут причинить огромный материальный ущерб.

Согласно ГОСТ 12. 1.004 - 91 ССБТ понятие пожарная безопасность означает состояние объекта, при котором с установленной вероятностью исключается возможность возникновения и развития пожара и воздействия на людей опасных факторов пожара, а также обеспечивается защита материальных ценностей.

В соответствии с категориями помещений по пожарной, взрывной и взрывопожарной опасности производственное помещение, где производится механообработка можно отнести к категории В4 пожароопасной. Участки со станками, в которых используется смазочно-охлаждающая жидкость, относят по степени пожароопасности к зоне класса П-Ш.

В производственном помещении где изготавливается деталь "Вал" размещено электрооборудование находящееся по напряжением свыше 1000 В, а значит для ликвидации возгорания допускается применение только порошковых (ОП-3) или углекислотных (ОУ-2) огнетушителей или песка.

Возникновение пожара при работе с электронной аппаратурой может быть по причинам как электрического, так и неэлектрического характера. Причины возникновения пожара неэлектрического характера:

- а) халатное неосторожное обращение с огнем (курение, оставленные без присмотра нагревательные приборы, использование открытого огня);
- б) самовоспламенение и самовозгорание веществ.

Причины возникновения пожара электрического характера: короткое замыкание, перегрузки по току, искрение и электрические дуги, статическое электричество и т. п.

Для устранения причин возникновения пожаров в помещении цеха должны проводиться следующие мероприятия:

а) сотрудники предприятия должны пройти противопожарный инструктаж;

б) сотрудники обязаны знать расположение средств пожаротушения и уметь ими пользоваться;

в) необходимо обеспечить правильный тепловой и электрический режим работы оборудования;

г) пожарный инвентарь и первичные средства пожаротушения должны содержаться в исправном состоянии и находиться на видном и легко доступном месте.

Выводы по разделу

В ходе выполнения части социальной ответственности были изучены различные нормы, регулирующие безопасность на предприятии по изготовлению деталей типа «Вал», на их основании выявлены вредные факторы, проведен их анализ и получены необходимые требования к состоянию микроклимата, освещению, шуму, состоянию воздуха, электробезопасности и мерам предосторожности при работе в цехе термической обработки. Кроме того, определены средства индивидуальной и коллективной защиты, снижающие или устраняющие влияние вредных факторов.

Так же проанализировано влияние производства на окружающую среду и составлен перечень мер, которые сократят негативное воздействие на нее. Помимо этого, выявлены возможные чрезвычайные ситуации и проанализированы способы избежать наиболее вероятной из них – пожара. Таким образом, можно утверждать, что данный проект отвечает нормам и требованиям безопасности и готов к реализации на производстве по производству деталей типа «Вал».

Заключение

При разработке технологического процесса изготовления детали «Вал» для предприятия ПК «Казцинкмаш» изучена конструкция детали и ее назначении, а так же произведен подбор оборудования установленного на предприятии.

В процессе выполнения ВКР проведен анализ исходных данных, определен тип производства, составлен технологический маршрут обработки детали. Выбраны режущий и измерительный инструмент и приспособления.

Также проведены технологические и технико-экономические расчеты, в результате которых установлено, что применение станка с числовым программным управлением и внедрение станочного приспособления позволит значительно сократить трудоемкость изготовления детали. Как перспективу нужно рассматривать замену типа заготовки на отливку или поковку, при условии увеличения серийности изготовления.

В конструкторской части работы спроектировано приспособление для обработки детали на токарном станке с числовым программным управлением и проведены все необходимые расчеты.

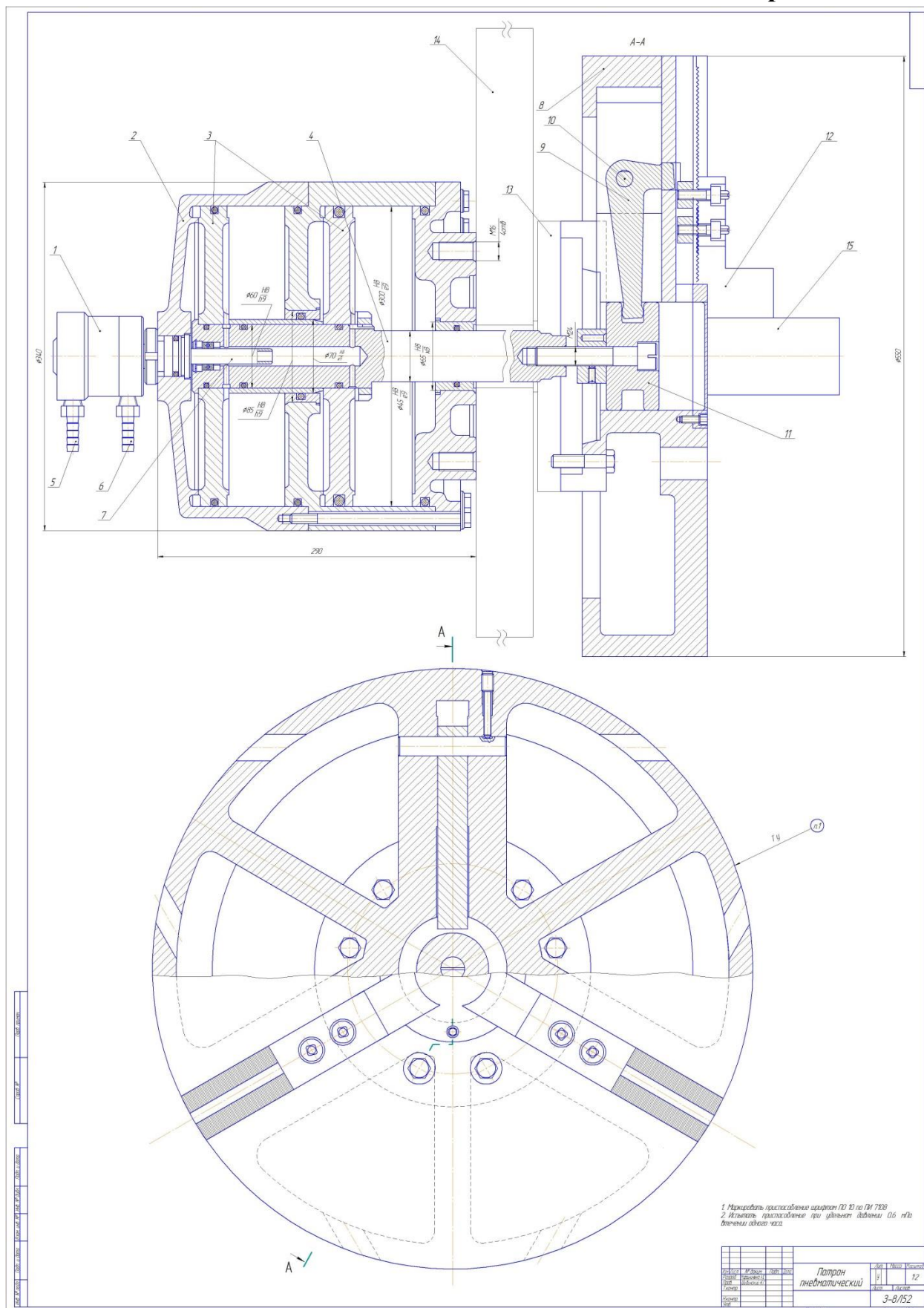
Таким образом, в ходе ВКР разработан технологический процесс изготовления детали который обеспечивает выполнение требований чертежа отвечает требованиям экономичности.

Так же рассмотрены вопросы безопасности, выполнен анализ вредных и опасных производственных факторов.

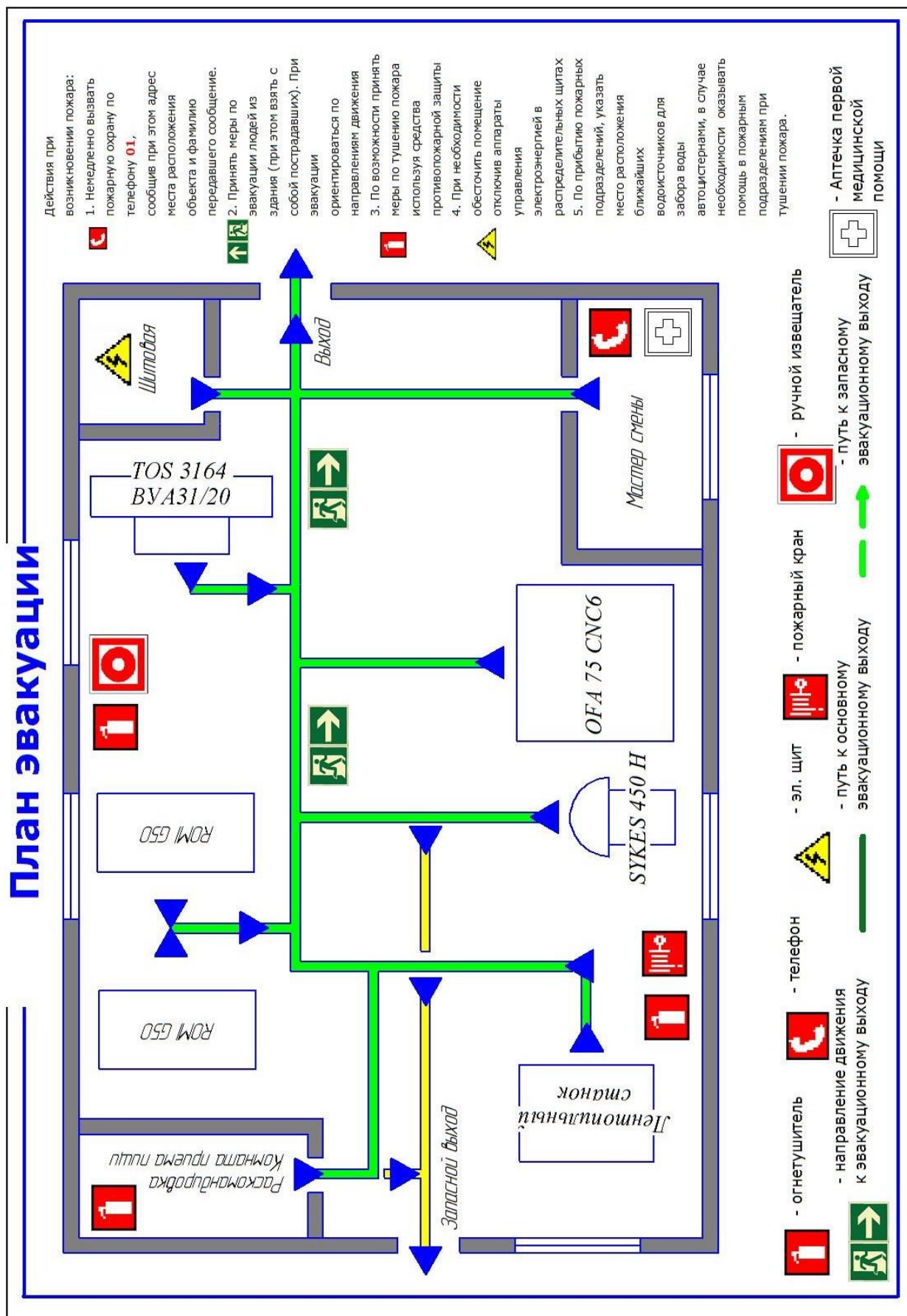
Список литературы

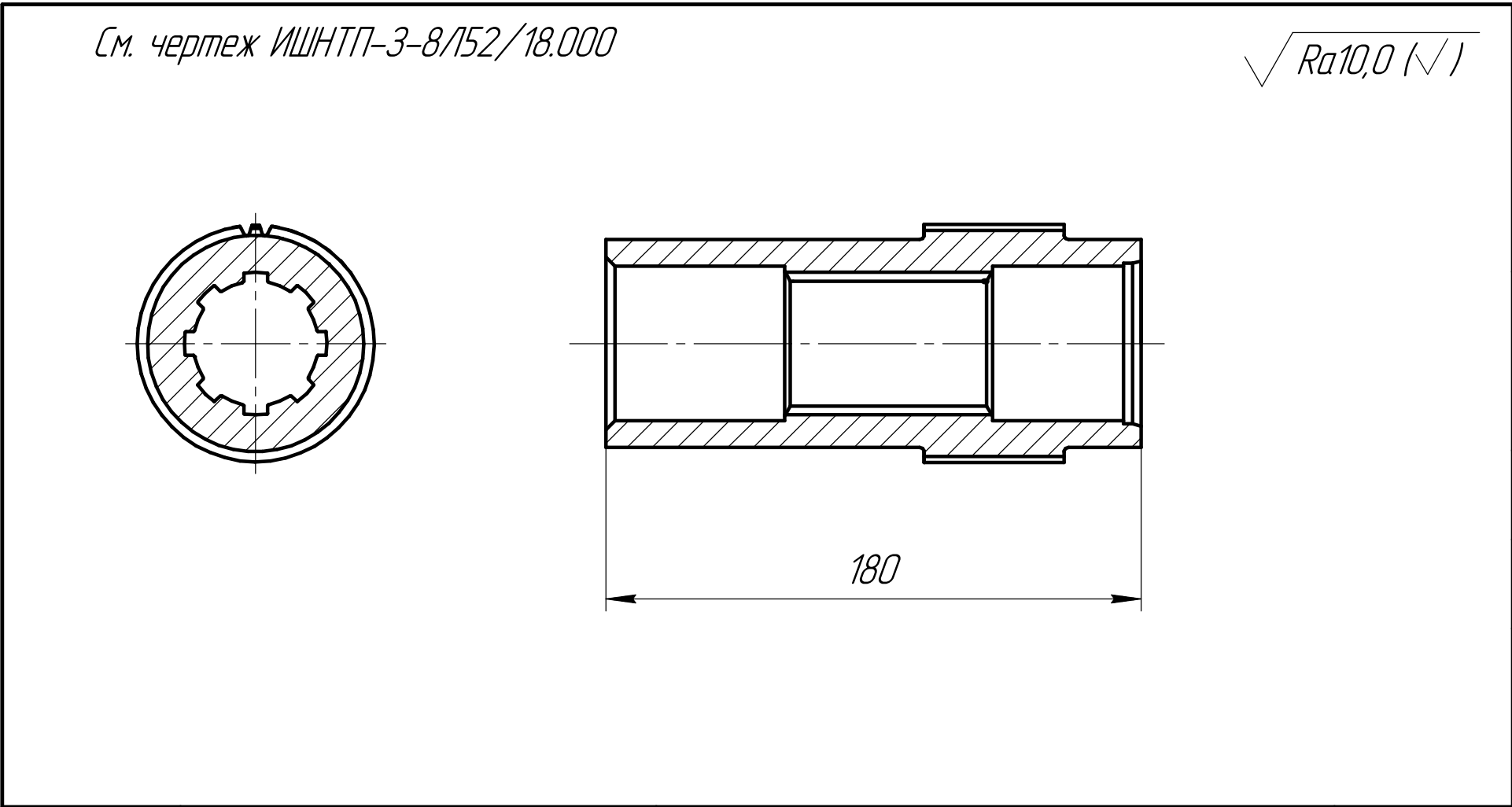
1. Горбачевич А. Ф., Шкред В. А. Курсовое проектирование по технологии машиностроения. Учеб. пособие для машиностроительных специальностей вузов.-Минск: Высшая школа, 1983. -256 с.
2. Справочник технолога машиностроителя. В 2-х томах Под редакцией А.Г. Косиловой и Р.К. Мещерякова.4-е издание, переработанное и доп.– М.: машиностроение, 1985, 496 с
3. Обработка металлов резанием. Справочник технолога А.А. Панов, В.В.Аникин, Н.Г. Бойн и др. Под общ. Редакцией А.А.Панова. 2-е издание, перераб. И доп.-М.: Машиностроение, 2004.- 784 с.
4. Скворцов В.Ф. Основы размерного анализа технологических процессов изготовления деталей. Учебное пособие.- Томск: изд. ТПУ 2006,100с.
5. Справочник инструментальщика /И.А. Ординарцев, Г.В. Филлипов, А.Н. Шевченко и др., Под общей редакцией И.А. Ординарцева.-Л.: Машиностроение, 1987.-846 с.
6. Технология машиностроения: учебно - методическое пособие/ Е. П. Михеевич; Национальный исследовательский Томский политехнический университет. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2010.- 100 с.
7. Типовые технологические процессы изготовления деталей машин/ А.Г. Ткачев, И.Н. Шубин. Учебное пособие.– Тамбов: – изд. ТГТУ 2007, 48 с.
8. Общемашиностроительные нормативы времени и режимов резания для нормирования работ, выполняемых на универсальных и многоцелевых станках с числовым программным управлением.– М.: Машиностроение, 1990. – 465с.
9. Станок Romi G50M https://www.directindustry.com.ru/prod/romi/product-26465-654311.html#product-item_1362045
10. Зубообрабатывающий станок OFA 75 CNC6 http://www.tros-stanko.ru/cat_58/tov_149.html

11. Паспорт круглошлифовального станка Модель TOS 3164BYA31/20
12. Паспорт зубодолбежного станка SYKES 450 H
13. Каталог инструмента Tungaloy <http://tungaloy-tools.ru>
14. <http://kazzincmash.kazzinc.kz> Промышленный комплекс «Казцинкмаш»
ТОО «Казцинк»
15. Стратегия развития ПК «Казцинкмаш»
16. Параметры микроклимата – СанПиН 2.2.4.548-96
17. Уровень шума – СН 2.2.4/2.1.8.562-96
18. Уровень освещенности – СП 52.13330.2016
19. Условия работы за ПК – СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03
20. Р 2.2.2006-05 Гигиена труда. Руководство по гигиенической оценке факторов рабочей среды и трудового процесса. Критерии и классификация условий труда
21. СН 2.2.4/2.1.8.566-96 Производственная вибрация
22. ГОСТ 12.3.002-2014 Система стандартов безопасности труда (ССБТ).



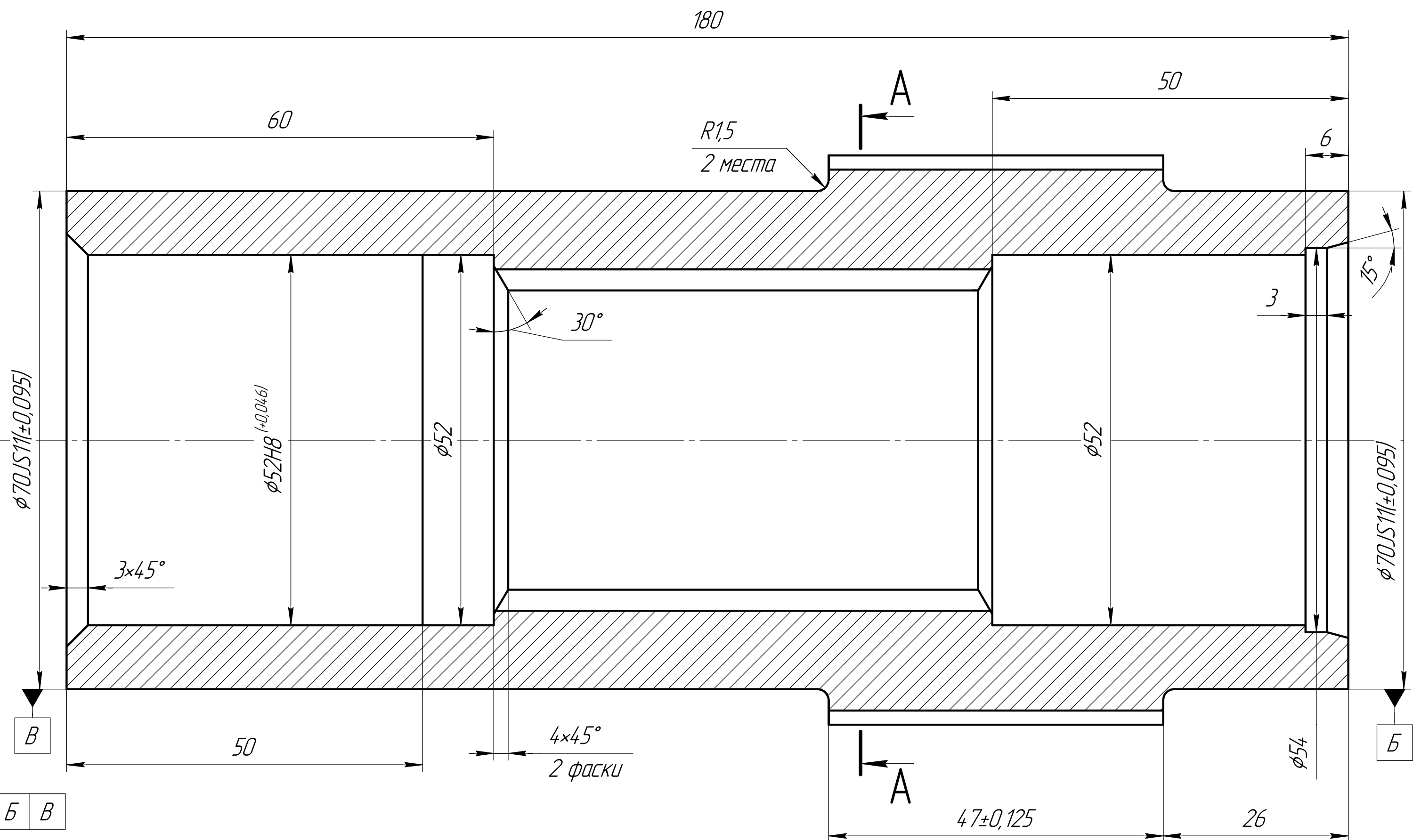
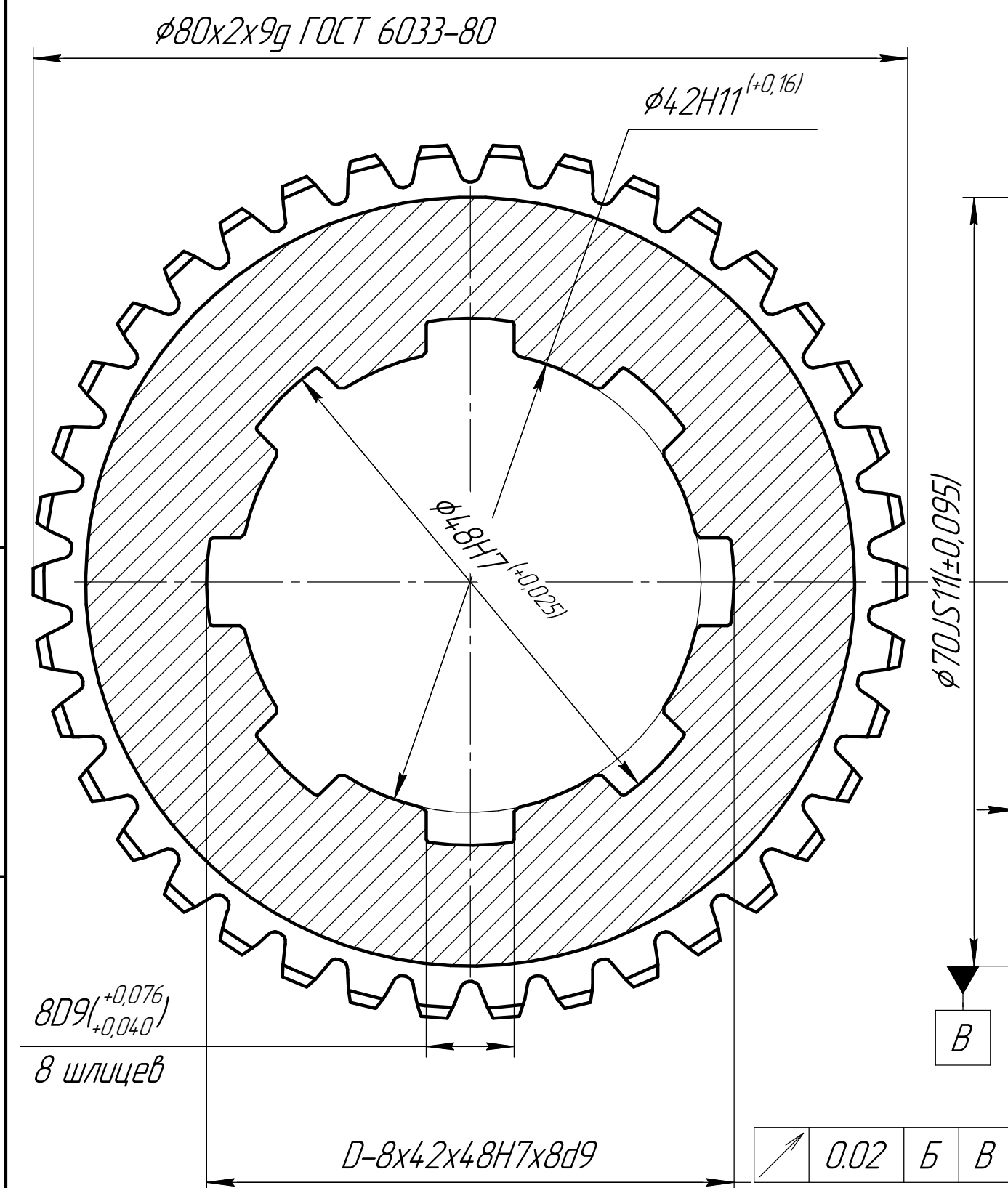
План эвакуации





Томский политехнический университет										Школа ИШНПТ										ИШНПТ-3-8/152/18.001
Карта технологического процесса										Литера										
Материал		Код ед. величины	Масса детали, кг	Заготовка																
Наименование, марка				Код и вид	Профиль Размеры	Кол.	Масса, кг													
СТАЛЬ 40Х				Прокат	Вал	1500														

Номер		Наименование и содержание операций и переходов	Операционный эскиз	Оборудование	Приспособление	Инструмент		Наличие одобрен: адрес, детали	Число рабочих ходов	Диаметр или ширина в направлении подачи, мм	Длина в направ- лении подачи, мм	Глубина резания, мм	Режим обработки		Нормы времени					Разряд работы		
операций	перехода					режущий	измери- тельный						Подача		Частота об/мин	Скорость ре- зания, м/мин	То	Твс	Тпз		Тшт	Тшт.к
													мм/об	мм/мин								
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
005	1	Заготовительная		Механическая ножовка тип 072	Тисы	Ножовочное полотно 450x32x1,6x4 Р6М5	Штангенциркуль ШЦ-III-250-0,05 ГОСТ 166-80	1					1,5 мм/ход		120 ход/мин							
	2	Выдвинуть прокат до упора и закрепить						Отрезать заготовку, выдержав размер 185,9_{-18}														
010	A	Токарная с ЧПУ				Резец подрезной Т15К6 ГОСТ 18880-73	Сверло Tungaloy TDX4.00W4.0-5	1	2	90	45	0,796	0,28		1100	300						
	1	Установить и снять деталь						Подрезать торец 1 выдерживая размер														
	2	Точить поверхность 2 в размеры оставляя припуск под шлифовку						1	10	70,52	9,74	2	0,28		540	152						
	3	Сверлить отверстие 3 в размеры Ø40 насквозь						1	1	40	185	20	0,1		500	100	5,591	1,5	1,7	7,65	8	
015	A	Токарная с ЧПУ				Резец Tungaloy A25R-PWLN R06-D320	Нутромер индикаторный ГОСТ 8668-82	1	4	42,52	130,60	предварительно 2,0 окончательно 0,5	Предварительно 0,3 Окончательно 0,15		Предварительно 600 Окончательно 1000	Предварительно 180 Окончательно 120						
	1	Установить и снять деталь Выверить по Ø70,52						Точить поверхность 5 окончательно														
	2	Точить поверхность 6 предварительно под шлифовку, Ø79,6 окончательно 7						1	1	70,52, 79,6	26,73	2	0,28		540	152	3,276	1,5	1,7	5,16	6	



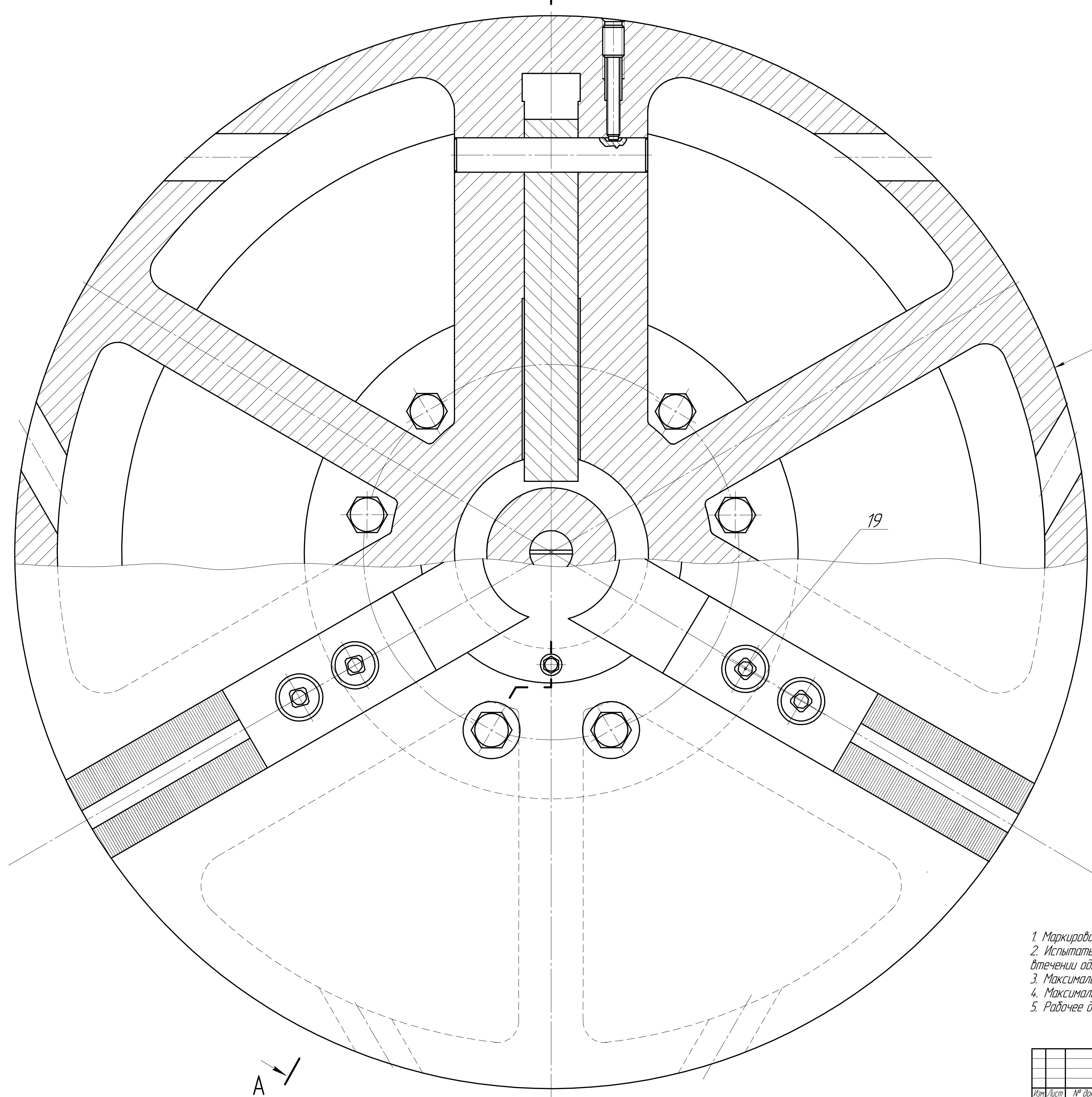
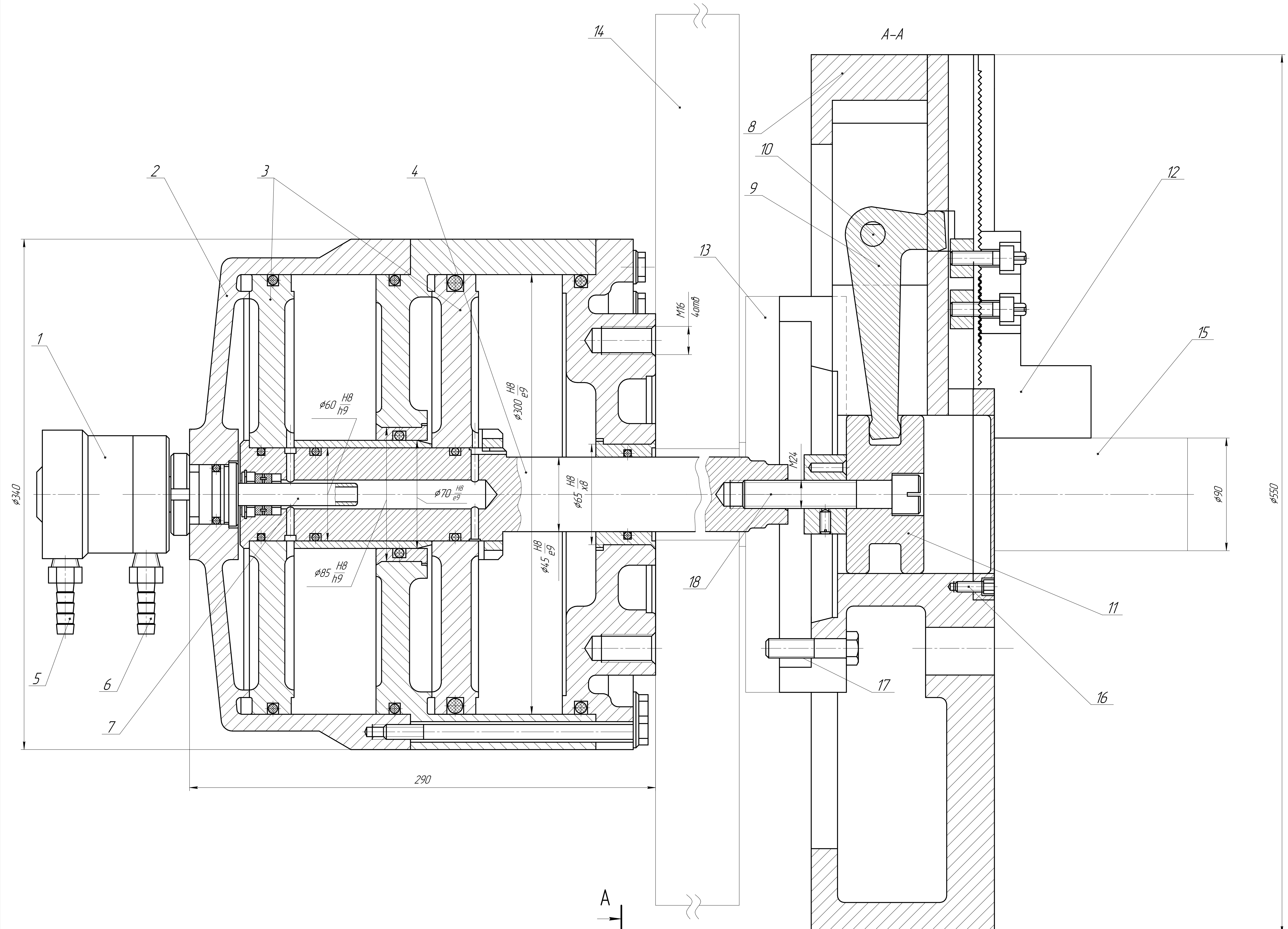
Эвольвентные шлицы

Модуль	m	2
Количество зубьев	Z	38
Козф. смещения	X	+0,45
Толщина зуба	S	$4,181_{-0,092}^{-0,042}$
Длина общей нормали	W	$39,807_{-0,069}^{-0,026}$
Диаметр вершин	d_a	79,6
Диаметр впадин	d_f	75,6max

1. H14, h14, $\pm \frac{IT14}{2}$.

2. Наружная поверхность и шлицы ТВЧ 1,5...2,0 35..40 HRC.

ИШНТП-3-8/152/18.000					Лист	Масса	Масштаб
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	Вал		
Разраб.	Мирошниченко А.Е.	18.05.20					
Пров.	Шидинский К.Г.				Сталь 40x ГОСТ4543-71		
Т.контр.							
Н.контр.					ТПУ 3-8/152		
Утв.							
Копировал					Формат А2		



1. Маркировать приспособление шрифтом ПО 10 по ПИ 7108
2. Испытать приспособление при удельном давлении 0,6 мПа
отпечени одного часа.
3. Максимальный диаметр зажатия 320 мм.
4. Максимальное усилие зажатия 50 Н.
5. Рабочее давление воздуха в системе 4 бар.

ИШНТП-3-8/152/18.00.00.000				Лит			Масса	Максимум
Исполн.	М. Давид	Дата	Итого	у				12
Рисовал	Морозов А. А.			Лист			Листов	
Проф.	Шибанский К. Г.			ТПУ 3-8/152			Формат А4-2	
Начальник				Копировал			Формат А4-2	
Упр.								

